

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων,
ο αρχαιότερος γνωστός υπολογιστής και πινακίδιο (TABLET!)

Υπό Δρ κ. **Ξενοφώντα Διον. Μουσά**, Αστρονόμου και καθηγητή Φυσικής Διαστήματος του
Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (xmoussas@phys.uoa.gr)



Σύνοψη

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι ο αρχαιότερος υπολογιστής που γνωρίζουμε και το αρχαιότερο προηγμένης τεχνολογίας αστρονομικό όργανο.

Δίνει τις θέσεις των ουρανίων σωμάτων, του Ήλιου και της Σελήνης, πιθανώς δε και των πλανητών, ενώ προβλέπει τις εκλείψεις. Δίνει την θέση της Σελήνης, ίσως και του Ηλίου με πολύ καλή ακρίβεια, χρησιμοποιώντας μια καλή προσέγγιση του 2^{ου} νόμου του Κέπλερ.

Ανατρέπει όλα όσα πιστεύονται σχετικά με την έλλειψη ενδιαφέροντος των Ελλήνων για την τεχνολογία. Μοιάζει να είναι εκτός εποχής, ενώ στην πραγματικότητα είναι η επιτομή της Ελληνικής Φιλοσοφίας. Ο Μηχανισμός είναι επιτομή της Ελληνικής Πυθαγόρειας φιλοσοφίας, στην οποία βασίζεται ο σημερινός πολιτισμός.

Ο Ποσειδώνας και το αρχαίο ναυάγιο που αλλάζει την ιστορία της ανθρωπότητας

Ο Ποσειδών, σημαντικότερος θεός των αρχαίων Ελλήνων, θεός των θαλασσών αλλά και των σεισμών¹, με δυο τρικυμίες φύλαξε και διέσωσε πολλούς θησαυρούς, δίνοντάς τους τελικά σε εμάς και όλη την ανθρωπότητα. Ήταν η Μεγάλη Τρίτη, 4 Απριλίου του 1900, όταν σφουγγαράδες από τη Σύμη, ενώ πήγαιναν, όπως κάθε έτος με δυο πλοίαρια στην Αφρική για να μαζέψουν σφουγγάρια, αναγκάζονται από την θαλασσοταραχή, να πιάσουν λιμάνι στα Πινκάκια του Ποταμού των Αντικυθήρων. Για να μη περιμένουν άπραγοι, βούτανε να βγάλουν κανένα σφουγγάρι, αλλά και καμιά πίνα ή άλλα θαλασσινά, για να φάνε μαζί με καμιά Κρητική τσικουδιά.

Ο πιο επιδέξιος δύτες, ο Ηλίας Σταδιάτης (ο παππούς σου πάντα θησαυρούς έβγαζε από την θάλασσα, λέει η γυναίκα του δύτες στην εγγονή της πολύ αργότερα), ανακαλύπτει ένα τεράστιο ναυάγιο, γεμάτο με Ελληνικούς θησαυρούς, που οι Ρωμαίοι, όπως όλοι οι κατακτητές, καταλήστευαν. Χιλιάδες αγάλματα είχαν ήδη πάρει οι Ρωμαίοι, που εμείς τους προσκαλέσαμε για να μας βοηθήσουν στους εμφυλίους πολέμους, που είχαμε συνεχώς. Ο Λεύκιος Κορνήλιος Σύλλας π.χ. κατέστρεψε την Αθήνα και καταλήστεψε όλη την Ελλάδα, όπου μπορούσε, ενώ ο Νέρων μόνο από την Ρόδο πήρε 600 αγάλματα, αλλά του το συγχωρούμε αφού έκαψε την Ρώμη και έδωσε ανεξαρτησία στην Ελλάδα. Ο Ηλίας λοιπόν βγάζει ένα χέρι από ένα θαυμάσιο ανδριάντα ενός άνδρα που ονομάστηκε *Έφηβος των Αντικυθήρων*. Βουτάει και ο Δημήτρης Κοντός, ο καπετάνιος, έμπει-

ρος δύτες και επιβεβαιώνει επίσης τα ευρήματα. Οι δύτες διαπιστώνουν ότι υπάρχει ένα τεράστιο ναυάγιο, που σήμερα γνωρίζουμε ότι βυθίστηκε γύρω στο 80 με 60 π.Χ. και στο οποίο βρέθηκαν περισσότερα από εκατό αγάλματα και άλλοι θησαυροί από την Ελλάδα, που ήταν στον δρόμο για την Ρώμη για να κοσμούν δημόσια κτήρια και σπίτια πλουσίων Ρωμαίων.

Όταν περνάει η θαλασσοταραχή, ο καπετάνιος αποφασίζει να πάνε στην Αφρική, διότι δεν υπήρχαν περιθώρια καθυστέρησης. Όλοι, οι εκκινητές (εφοπλιστές) αδελφοί Λενδιακοί, αλλά και όλα τα μέρη του πληρώματος, ο κολαουζιέρης Μερκούρης Καραγιάννης, οι έξι δύτες Ηλίας Σταδιάτης-Λυκοπάντης, Κυριάκος Μουντιάδης, Γεώργιος Μουντιάδης, Ιωάννης Πιλλίου-Ροδίτης, Γεώργιος Κρητικός-Νεοφώτιστος, Βασίλειος Κατσαράς, ήταν καταχρεωμένοι για να ετοιμαστούν τα πλοίαρια, *Ευτέρπη* και *Καλλιόπη* και ο μικρότερος αχραρμάς (η φορτηγός). Η απόσβεση θα γινόταν με εργασία έξη μηνών, όπως κάθε χρονιά, μαζεύοντας σφουγγάρια στην Μπαρμπαριά και τον κόλπο της Σύρτης.

Όταν θα επιστρέψουν με το καλό στην τότε Τουρκοκρατούμενη Σύμη, αποφασίζουν, μαζί με τους προύχοντες και κυρίως τον καθηγητή της Αρχαιολογίας συμπατριώτη τους Αντωνίου Οικονόμου, να ειδοποιήσουν το τότε Ελληνικό Κράτος, και συγκεκριμένα το Υπουργείο Παιδείας που ήταν υπεύθυνο για τα αρχαία. Έτσι άρχισε η πρώτη,



Ο μηχανισμός της Σελήνης. Το μεγαλύτερο τμήμα του Μηχανισμού με τον μεγάλο τροχό του Ηλίου. Ο τροχός του Ηλίου κινεί όλο τον Μηχανισμό. Φωτογραφημένο και επεξεργασμένο με την μέθοδο PTM που ανέπτυξε ο Dr Tom Malzbender, HP. Οι εγχοπές πάνω στους τέσσερις βραχίονες ίσως είναι τα σημεία που κινούσαν τους πλανήτες. Η κίνηση των πλανητών περιγράφεται στο εγχειρίδιο χρήσης του Μηχανισμού.

όσο και μεγαλύτερη ενάλια αρχαιολογική έρευνα, που άλλαξε την ιστορία της Ελλάδας, της αστρονομίας, των μαθηματικών, της τεχνολογίας και της ανθρωπότητας ολόκληρης, αφού αποδεικνύει ότι οι άνθρωποι, οι Έλληνες είχαν υψηλή τεχνολογία, νανοτεχνολογία θα λέγαμε, σε μια εποχή που οι άλλοι λαοί βρίσκονταν σε μια προεπιτημονική κοινωνία και δεν αντιλαμβάνονταν τι είναι επιστήμη.

Μετά από πολλές περιπέτειες και τεράστιες δυσκολίες, οι Συμιακοί δύτες ανασύρουν τμήμα του πολύτιμου φορτίου, που βρίσκεται από τότε στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο Αθηνών και στο οποίο περιλαμβάνεται ο Έφηβος των Αντικυθήρων. Ανάμεσα στα άλλα οι δύτες, και όπως μας λέει η κ. Λίζα Μανδαλιού, εγγονή του αρχιδύτη Ηλία Λυκοπάντη, ο παππούς της ανέσυρε και τον λεγόμενο Μηχανισμό των Αντικυθήρων. Ο μηχανισμός ήταν ένα κομμάτι χάλκινο σκουριασμένο με κάποια εμφανή γρανάζια, που δεν ταίριαζαν με τα άλλα ευρήματα, αλλά επειδή είδαν και κάποιες ελληνικές επιγραφές οι αρχαιολόγοι

και οι μηχανικοί, αντιλαμβάνονται ότι δεν είναι παλιό ρολόι, όπως πράγματι αρχικά νομίσθηκε από κάποιους, αλλά αρχαίο όργανο. Διαπιστώθηκε ότι έχει Ελληνική γραφή που εκτιμήθηκε αρχικά ότι είναι του Α' Αιώνα π.Χ. ενώ σήμερα με τις μελέτες μας (κ. Χαρ. Κριτζάς), γνωρίζουμε ότι είναι του Β' Αιώνα π.Χ..

Τι είναι ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων

Πολλοί μελετητές καταπιάστηκαν με ζήλο και επιτυχία με τη μελέτη του από το 1903. Με τις πρώτες αναγνώσεις διαβάζουν ΗΛΙΟΥ ΑΚΤΙΝ... και πιθανολογούν ότι είναι αστρονομικό όργανο, που ίσως ήταν για πλοήγηση. Οι αξιωματικοί του πολεμικού ναυτικού Περικλής Ρεδιάδης (τότε ανθυποπλοίαρχος και καθηγητής στη Σχολή Ναυτικών Δοκίμων και μετέπειτα ναύαρχος και υπουργός οικονομικών), ο Κωνσταντίνος Ράδος, καθηγητής Ναυτικής Ιστορίας στη Σχολή Ναυτικών Δοκίμων και έκτακτος καθηγητής Ιστορίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, και λίγο αργότερα ο ναύαρχος και εγγονός του Θεοδ. Κολοκοτρώνη Ι.

Θεοφανίδης, μελέτησαν διαδοχικά τον Μηχανισμό και διαπιστώνουν ότι είναι πολύπλοκος παντός γνωστού αστρολάβου. Έτσι συγκλίνουν στο ότι είναι ένα πολύπλοκο αστρονομικό μηχανήμα, που ίσως έδινε και τις θέσεις των πλανητών. Ο Ιωαννίδης έφτιαξε με επιτυχία και το πρώτο λειτουργικό ομοίωμα, ένα πολύπλοκο αστρονομικό ρολόι, που έδινε και την θέση των πλανητών.

Ασφαλώς στις δεκαετίες που πέρασαν, πολλοί θαύμασαν τον Μηχανισμό στο Μουσείο. Εξαιρετικά σημαντικές μελέτες έκανε ο άγγλος Ντέρεκ ντε Σόλα Πράις, καθηγητής στην Αμερική, όπου άρχισε να ασχολείται με το μηχανισμό το 1951. Παίρνει τους φακέλλους με τις μελέτες του Ιωαννίδη και συνεργάζεται με τον Χαράλαμπο Καράκαλο, πυρηνικό φυσικό του Κέντρου Πυρηνικών Ερευνών Δημόκριτος. Οι Πράις και Καράκαλος με τη χρήση ακτίνων Χ και ακτίνων γ, έκαναν ραδιογραφίες και ακτινογραφίες με ακτίνες γ, με μια συσκευή που έφτιαξε ο Καράκαλος. Τις αναλύουν με τη βοήθεια και της Αιμιλίας, συζύγου Καράκαλου, που μέτρησε τα δοντάκια των γραναζιών στις ακτι-

νογραφίες και ανακαλύπτουν πολλά για την εσωτερική δομή του μηχανισμού. Φτιάχνουν ένα τρισδιάστατο λειτουργικό μοντέλο, βασισμένο σε στερεοσκοπικές ακτινογραφίες, δηλαδή ζεύγων ραδιογραφιών που επιτρέπουν με κατάλληλες διόπτρες να βλέπουμε στερεοσκοπικά το εσωτερικό του αντικειμένου που ακτινογραφήθηκε. Αργότερα ο Άγγλος φυσικός και ειδικός των μηχανικών εκθεμάτων του Μουσείου των Επιστημών στο Λονδίνο (Science Museum) κ. Μ. Τ. Ράιτ, ο αείμνηστος Αυστραλός καθηγητής Α. Μπρόμλεϋ και η κ. Ελένη Μάγκου, η χημικός του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου, χρησιμοποιούν αξονικές τομογραφίες που αναδεικνύουν πολλά μυστικά του Μηχανισμού, ενώ ο επιδέξιος κ. Ράιτ, εργάζεται επί έτη με αυτά τα δεδομένα και δημοσιεύει πολλά ενδιαφέροντα, για τον Μηχανισμό.

Η Ομάδα μας από το Πανεπιστήμιο Αθηνών, Θεσσαλονίκης, (ο κ. Ι. Σειραδάκης, και Κάρντιφ, ο κ. Μ. Έντμουντς και κ. Τ. Φρηθ) με τη χρήση νέων μεθόδων τριδιάστατης φωτογράφισης (Tom Malzbender, HP) και μη γραμμικής αξονικής τομογραφίας, με μηχανήμα που αναπτύχθηκε ειδικά για τομογραφία του Μηχανισμού και διαπερνούσε μέταλλο πάχους μέ-



Αντώνιος Οικονόμου,
καθηγητής της Πανεπιστήμιο Αθηνών

χρι 13 εκατοστών, απαραίτητο για να δούμε κάθε λεπτομέρεια στο εσωτερικό του Μηχανισμού (R. Hudland X-tek Systems), επανεξέτασε με επιτυχία τον Μηχανισμό, ξαναμέτρησε καλύτερα τα γρανάζια και διάβασε μεγάλο τμήμα του εγχειριδίου που είναι γραμμένο σε πλάκες χαλκού, δηλαδή επιγραφές που είναι κρυμμένες μέσα στο σκουριασμένο μηχανισμό.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι το αρχαιότερο γνωστό επιστημονικό όργανο (150 με 100 π.Χ.), ο αρχαιότερος υπολογιστής, το αρχαιότερο Μηχανικό Σύμπαν. Με χάλκινα γρανάζια εκτελούνται μαθηματικές πράξεις και κινούνται δείκτες

που δίνουν τη θέση Ηλίου και της Σελήνης στην εκλειπτική (ζωδιακός κύκλος), κατά τη διάρκεια του μήνα, ή τη φάση της Σελήνης ενώ προβλέπονται οι εκλείψεις Σελήνης και Ηλίου. Οι εκλείψεις φαίνονται σε κλίμακα ελικοειδή, διάρκειας 18 ετών (περιοδικότητα του Σάρου) και 54 ετών (περιοδικότητα του Εξελιγμού). Σε δεύτερη ελικοειδή κλίμακα τηρείται ακριβές ημερολόγιο, που βασίζεται στην περίοδο του Μέτωνα (19 ετών, ημερολόγιο με το οποίο ρυθμίζεται το Ορθόδοξο Πάσχα και οι άλλες κινητές εορτές) και την περίοδο του Καλλίππου (τετραπλάσια της περιόδου του Μέτωνα, δηλαδή 76 ετών). Με άλλο δείκτη σε βοηθητική κλίμακα, προσδιορίζονται οι ημερομηνίες των Ολυμπιακών και άλλων σημαντικών Στεφανιτών αγώνων, τα Νάα, τα Ίσθμια, τα Πύθια και τα Νέμεα.

Ο Μηχανισμός είναι ένας εξειδικευμένος αστρονομικός υπολογιστής, που δίνει όλα όσα ένας αστρονόμος εκείνης της εποχής θα μπορούσε να είχε ονειρευτεί, αποτελεί δε θαύμα της αστρονομίας, και της μηχανικής. Είναι μετεξέλιξη του Πλανηταρίου του Αρχιμήδη και πρόγονος των υπολογιστών, δηλαδή του υπολογιστή που έχετε σπίτι σας, ή του τηλεφώνου που έχετε στην τσέπη σας.

Ο Μηχανισμός είχε πολλές λειτουργίες, χρησίμευε σε πολλά και είχε πλήθος εφαρμογών. Είναι ο αρχαιότερος αναλογικός υπολογιστής. Και μόνο αρχαίο όργανο, με πολλές κλίμακες και δείκτες. Ειδικότερα:

Είναι το αρχαιότερο κλιματολογικό και μετεωρολογικό όργανο.

Είναι σημαντικό αστρονομικό όργανο (μετεωροσκόπιο;).

Δίνει την ημερομηνία.

Υπολογίζει την θέση του Ηλίου και την θέση ή τις φάσεις της Σελήνης,

Προβλέπει τις εκλείψεις Ηλίου και Σελήνης.

Είναι πολύπλοκος ημερολογιακός μηχανισμός, με διάφορα ημερολόγια βασισμένος στην περίοδο 18 ετών, 10 ημερών και 8 ωρών (περίοδος Σάρου -



Γρανάζια του μηχανισμού του Αντικυθήρων. Κατασκευή του κ. Διονύση Κριάρη.

περίοδος των εκλείψεων).

Στην περίοδο του Εξελιγμού (54 ετών)

την περίοδο (κύκλο) του Μέτwnος των 19 ετών

Την περίοδο (κύκλο) του Καλλίππου των 76 ετών

Πιθανώς δε ήταν και αναφορικό ρολόι.

Πώς λειτουργεί ο Μηχανισμός

Ο Μηχανισμός είναι ένας αξιοθαύμαστος φορητός αναλογικός αστρονομικός (και σε κάποιο βαθμό ψηφιακός) υπολογιστής. Λειτουργεί με προσεκτικά σχεδιασμένα και κατασκευασμένα χάλκινα γρανάζια, που υλοποιούν μαθηματικά αστρονομικά μοντέλα.

Τα γρανάζια έχουν σχεδιαστεί έτσι που να κινούν το ένα το άλλο και η κίνηση των γραναζιών κινεί δείκτες με συγκεκριμένη γωνιακή ταχύτητα, πάνω σε κλίμακες που είναι διαιρεμένες σε μήνες κ.λπ. οι οποίες επιτρέπουν τελικά να ξέρουμε τις θέσεις των ουρανίων σωμάτων με τον ζωδιακό κύκλο και το λεγόμενο αιγυπτιακό ημερολόγιο, ή την πρόβλεψη των εκλείψεων.

Τα γρανάζια, εκτελούν συγκεκριμένες μαθηματικές πράξεις, καθώς κινούνται γύρω από άξονες και κινούν δείκτες σε διάφορες επιστημονικές κλίμακες. Έτσι ο μηχανισμός αναπαράγει αλλά και προβλέπει ρεαλιστικά, διάφορα αστρονομικά φαινόμενα.

Ο Μηχανισμός αναπαράγει την κίνηση ουρανίων σωμάτων, ενώ ειδικότερα δίδει τις θέσεις:

1. Του Ήλιου και

2. Της Σελήνης, της οποίας δίδεται και η φάση (π.χ. μας πληροφορεί πότε αρχίζει ο νέος μήνας με την νέα Σελήνη, πότε έχουμε πρώτο τέταρ-



Ο μέγας μαθηματικός, μηχανικός, αστρονόμος και φυσικός Αρχιμήδης που είναι ο επιστήμων που σχεδίασε και έφτιαξε δυο ουράνιες σφαίρες που είχαν λειτουργίες παρόμοιες με του Μηχανισμού των Αντικυθήρων.

το, Πανσέληνο κ.λπ.).

3. Υπολογίζει την θέση και την μεταβλητή ταχύτητα της Σελήνης, ίσως και του Ηλίου, με πολύ καλή ακρίβεια χρησιμοποιώντας μια καλή προσέγγιση του 2^{ου} νόμου του Κέπλερ, κινώντας ταχύτερα την Σελήνη, όταν είναι κοντά στην Γη (περίγειο) και βραδύτερα στο απόγειο, όταν ο δορυφόρος μας είναι



Κλίμακα του έτους με τον Ήλιο και την Σελήνη του μηχανισμού του Αντικυθήρων. Διακρίνεται και ο χάρτης του ουρανού με τον ζωδιακό κύκλο και τα ζώδια. Κατασκευή του κ. Διονύση Κριάρη.

μακριά από την Γη.

4. Προβλέπει τις εκλείψεις Ηλίου και Σελήνης,

5. Προβλέπει πότε έχουμε Ολυμπιακούς αγώνες, ή και τους άλλους σημαντικούς αγώνες των αρχαίων Ελλήνων.

6. Τηρεί πολλά ημερολόγια, όπως το ηλιακό και πέντε σεληνοηλιακά, αλλά και αυτό που εμείς οι Έλληνες χρησιμοποιούμε ακόμη σήμερα για το Ορθόδοξο Πάσχα.

7. Πιθανότατα έδινε και τις θέσεις των πλανητών, στους οποίους υπάρχουν αναφορές στο εγχειρίδιο χρήσης του, αλλά και όπως διαβάζουμε στις περιγραφές παρόμοιων μηχανισμών σε αρχαία βιβλία:

α) Στην Α' όψη του Μηχανισμού, διακρίνουμε δείκτη που δίνει τη θέση του Ηλίου κατά τη διάρκεια του έτους στον ουρανό. Υπάρχουν δυο ομόκεντρες κλίμακες με τον ζωδιακό κύκλο και το έτος².

Πιθανώς ο Ήλιος αναπαρίσταται με δείκτη που στην άκρη του έχει χρυσό σφαιρίον, όπως διαβάζουμε στο εγχειρίδιο του μηχανισμού, σε αρχαία βιβλία και όπως βλέπουμε σε πληθώρα αστρονομικών ρολογιών από τον μεσαίωνα και μετά, ρολόγια που εκτιμώ ότι αντανakλούν την άγνωστη μακράν παράδοση αστρονομικών ρολογιών-υπολογιστών, που πρέπει να άρχισε πολύ πριν το Μηχανισμό των Αντικυθήρων.

Στην φωτογραφία που είναι φτιαγμένη με μαθηματικά και φυσική έχουμε αφαιρέσει την σκουριά με υπολογισμούς βλέπουμε καθαρά μέρος των οδηγιών χρήσης.

Δεύτερος δείκτης με σφαιρική απόληξη δίνει τη θέση της Σελήνης και την φάση της στη διάρκεια του μήνα. Αυτός έχει αργυρούν σφαιρίον, που περιστρέφεται γύρω από δυο άξονες. Πιθανότατα υπήρχαν και δείκτες για τους πλανήτες,

οι οποίοι όπως διαβάζουμε σε αρχαία κείμενα, κατέληγαν σε πολύτιμους λίθους. Προσδιόριζε τη θέση των πλανητών, με ανισοταχή ρεαλιστική κίνηση. Πιθανότατα ήταν και ωρολόγιο με συνεχή κίνηση.

β) Στην Β' όψη του Μηχανισμού τηρούνται πέντε πολυετή σεληνοηλιακά ημερολόγια, τα οποία προβλέπουν:

1) Τις εκλείψεις Ηλίου και Σελήνης. Οι προβλέψεις γίνονται με βάση την περίοδο του Σάρου, διάρκειας 223 μηνών σε ελικοειδή κλίμακα και την ακριβέστερη περίοδο του Εξελιγμού, διάρκειας 54 ετών περίπου, που παρουσιάζεται σε μικρή κυκλική κλίμακα. Από τις ώρες των εκλείψεων, διαπιστώθηκε ότι οι μετρήσεις των εκλείψεων έχουν γίνει την εποχή του Αρχιμήδη στη Σικελία (Συρακούσες), πιθανώς από τον ίδιο ή από τους μαθητές του μετά τον θάνατό του. Αυτή η ανακάλυψη που κάνουμε, αν είναι σωστή, είναι κεφαλαιώδους σημασίας, διότι όχι μόνο ανακαλύψαμε την «υπογραφή» του Αρχιμήδη και των μαθητών του, αλλά αποδεικνύουμε περίτρανα ότι ο μέγιστος των μαθηματικών ήταν και μέγιστος αστρονόμος. Ήτοι οι μετρήσεις μας σε συνδυασμό με τους υπολογισμούς του κ. Χένρικσον (αστρονόμου ειδικού στις αρχαίες εκλείψεις) αναδεικνύουν ότι ο Αρχιμήδης πραγματοποιεί παρατηρήσεις του Ήλιου και της Σελήνης, συμπεριλαμβανομένων των εκλείψεων τους και χρησιμοποιεί αστρονομικά όργανα ή ρολόγια. Παράλληλα αποδεικνύουμε ότι έχει σχολή με μαθητές, που συνεχίζουν τις αστρονομικές παρατηρήσεις για δεκαετίες μετά τον θάνατό του. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται γνωστές και σε άλλα μέρη της Ελλάδας, όπου αστρονόμοι, δεκαετίες αργότερα, χρησιμοποιούν τις μετρήσεις της Σχολής Αρχιμήδη, για να κατασκευάσουν ένα πολύπλοκο μηχανήμα, έστω και αν αντιγράφουν βασικά ή και όλα τα τμήματα του πλανηταρίου του Αρχιμήδη.



2) Τη θέση που γίνονται οι εκλείψεις πάνω στον ουρανό (και συνεπώς το σημείο που είναι ορατές πάνω στη Γη) προσδιορίζοντας σε συνδυασμό με την περίοδο επανεμφάνισης της Σελήνης με την ίδια φάση (Νέα Σελήνη, πρώτο τέταρτο, Πανσέληνος κ.λπ.), την ίδια ακριβώς θέση του ουρανού, με τη χρήση:

α) Περιόδου 19 ετών του Μέτωνος, που φαίνεται σε ελικοειδή κλίμακα.

β) Την ακόμη ακριβέστερη περίοδο του Καλλίππου διάρκειας 76 ετών που φαίνεται σε μικρή κυκλική κλίμακα.

Το ημερολόγιο του Μέτωνος που βρίσκεται στον Μηχανισμό είναι Δωρικό, Κορινθιακό και ειδικότερα Ηπειρωτικό. Το ημερολόγιο είναι πληρέστατο και οι μήνες υπάρχουν αυτούσιοι σε δυο πόλεις, την Απολλωνία (που είναι πολύ βορειότερα από τα Τίρανα) και το Βουθρωτό (που είναι απέναντι από την Κέρκυρα). Το ημερολόγιο ταυτίζεται εν μέρει με το αντίστοιχο της Κέρκυρας,



που ήταν όπως η Απολλωνία και το Βουθρωτό Κορινθιακές πόλεις, όπως και οι περισσότερες στην Μεσόγειο, αιώνες νωρίτερα.

3) Σε άλλη μικρή κυκλική κλίμακα, φαίνονται τα έτη των Στεφανιτών Αγώνων: των Ολυμπιακών, Πυθίων, Νεμέων, Ισθμίων και Νάων.

Ο αρχαίος υπολογιστής, όπως κάθε επιστημονικό όργανο, έχει και εγχειρίδιο χρήσης. Σε χάλκινες πλάκες αναγράφονται οδηγίες χρήσης με τεχνικούς και αστρονομικούς όρους.

Ο Αρχιμήδης και ο Μηχανισμός

Ο μέγας μαθηματικός και μηχανικός Αρχιμήδης και ο σημαντικότερος αστρονόμος Ήππαρχος, είναι πιθανότατα οι πατέρες του πολύπλοκου μηχανήματος που ονομάζουμε Μηχανισμό των Αντικυθήρων, πού ασφαλώς έλκει την καταγωγή από τον Θαλή, τον Οινόπιδη, τον Αρίσταρχο και άλλους γίγαντες της επιστήμης του αρχαίου κόσμου.

Στα αρχαία συγγράμματα υπάρχουν περιγραφές του ρολογιού του Αρχιμήδη, που έχει σημαντικές ομοιότητες με τον Μηχανισμό. Ξέρουμε επίσης από τα αρχαία βιβλία, ότι ο Αρχιμήδης είχε φτιάξει δυο αστρονομικά μηχανήματα, που ονομάζοταν σφαίρες, τα οποία έδιναν τις θέσεις και τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων στον ουρανό, Ο Μάρκελος που κατέκτησε τις Συρακούσες τις οποίες υπερασπιζόταν ο Αρχιμήδης σχεδόν μόνος του με τις εφευρέσεις του, με τις οποίες είχε κάψει τον Ρωμαϊκό στόλο με κάτοπτρα, που είχε καταστρέψει άλλα πλοία με αρπάγες, που έριχνε σιδερένια βέλη με επαναληπτικές βαλλίστρες, πήρε τα μηχανήματα του Αρχιμήδη μετά τον φόνο του τελευταίου από του Ρωμαίους και κράτησε την καλύτερη αυτόματη ουράνια σφαίρα για τον εαυτό του, ενώ έδωσε την άλλη στον Ναό της Εστίας (ή Αρετής) στο Καπιτώλιο της Ρώμης.

Διαβάζουμε ότι ο Αρχιμήδης είχε φτιάξει δυο τέτοια, ο Ίππαρχος είχε κάποιο μηχανήμα, όπως και ο Ποσειδώνιος στη Σχολή του (Πανεπιστήμιο) στη Ρόδο. Στην Γαλλία στην πόλη Σεβρός οι αρχαιολόγοι βρήκαν ένα κυρτό δίσκο (disque de Chevroches) με ελληνικές επιγραφές των μηνών (Αιγυπτιακών και Ρωμαϊκών που χρησιμοποιούσαν οι Έλληνες) και των Αστερισμών του Ζωδιακού κύκλου, πιθανώς μέρος ενός ημερολογιακού μηχανισμού ή μιας σφαίρας. Επίσης στη Γαλλία, βρέθηκαν μερικά ακόμη τμήματα παρόμοιων μηχανημάτων. Στην αρχαία Ελληνική Πόλη Κράτος της Όλβιας στη Σαρδηνία, βρέθηκε τμήμα ενός καλοσχεδιασμένου γραναζιού του 7^{ου} Αιώνα π.Χ., που ονόμασα γρανάζι του Αρχιμήδη, και το οποίο υποστηρίχθηκε αργότερα ότι ανήκει στο Πλανητάριο του Αρχιμήδη, το οποίο ο Μάρκελος είχε πάρει όταν έχασε στην Όλβια, στη διάρκεια εκστρατείας. Ο θρόνος του Χοσρόη ήταν επίσης ένα αυτόματο σύστημα με ουράνια σώματα. Ο Μηχανισμός έχει ομοιότητες με ρολόγια όπως αυτό της Πράγας και της Βενετίας.

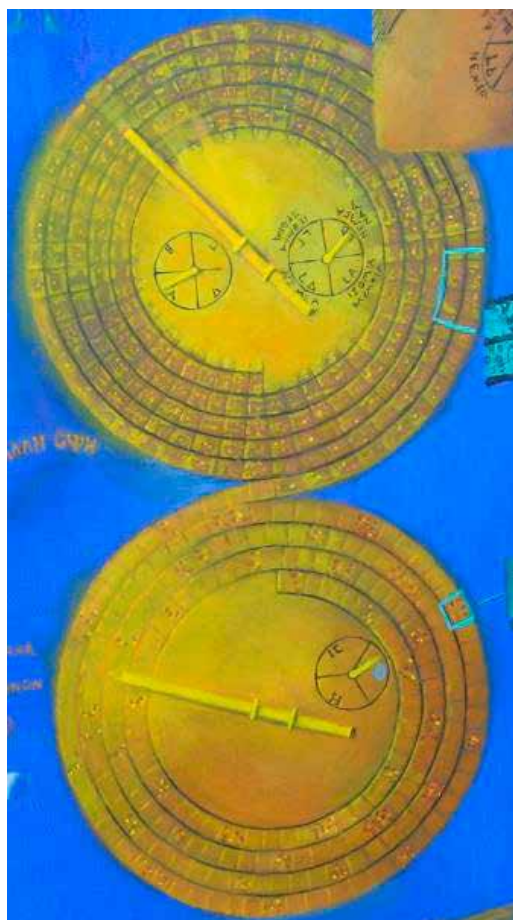
*Ο μηχανισμός ονομάζεται
κατά την αρχαιότητα
Πινακίδιο (δηλαδή TABLET!)*

Υπάρχουν περιγραφές ή αναφορές πλανηταρίων και παρόμοιων μηχανημάτων, κάποια από τα οποία ονομάζονται Πίνακες ή Πινακίδια, που δίνουν τη θέση των ουρανίων σωμάτων.

Στην μυθιστορηματική *Ιστορία του Μεγάλου Αλεξάνδρου* (μετέπειτα *Φυλλάδα του Μεγαλέξανδρου*) διαβάζουμε: ΒΑΛΩΝ ΤΗΝ ΧΕΙΡΑ ΕΝΔΟΝ ΑΥΤΟΥ ΕΞΗΓΑΓΕ ΠΙΝΑΚΙΔΙΟΝ, ΟΠΕΡ ΛΟΓΟΣ ΕΡΜΗΝΕΥΣΑΙ ΟΥ ΔΥΝΑΤΑΙ, ΧΡΥΣΙΩ ΚΑΙ ΕΛΕΦΑΝΤΙΝΩ ΔΙΑΚΕΙΜΕΝΟΝ, ΕΧΟΝ ΑΣΤΕΡΑΣ ΕΠΤΑ, ΩΡΟΣΚΟΠΙΟΝ, ΗΛΙΟΝ ΚΑΙ ΣΕΛΗΝΗΝ. Ο ΗΛΙΟΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΝΟΣ, Η ΣΕΛΗΝΗ ΑΔΑΜΑΝΤΙΝΗ, Ο ΛΕΓΟΜΕΝΟΣ ΖΕΥΣ ΑΕΡΙΝΟΣ, Ο ΚΡΟΝΟΣ

ΟΦΙΤΗΣ, Η ΑΦΡΟΔΙΤΗ ΣΑΠΦΕΙΡΙΝΟΣ, Ο ΕΡΜΗΣ ΣΜΑΡΑΓΔΙΝΟΣ, Ο ΩΡΟΣΚΟΠΟΣ (το ρολόι μαρμάρινο) ΛΥΓΔΙΝΟΣ.

Ενώ ο Πρόκλος του οποίου το αρχαίο πανεπιστήμιο είναι θαμμένο στο πεζοδρόμιο της οδού Διονυσίου Αρεοπαγίτου γράφει: ΤΟΥΤΩΝ ΗΥΡΗΜΕΝΩΝ ΔΥΝΑΤΟΝ ΕΣΤΑΙ ΣΟΙ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΑ ΠΟΙΗΣΑΙ ΔΕΙΚΝΥΝΑΙ ΔΥΝΑΜΕΝΟΝ ΑΔΙΑΛΕΙΠΤΩΣ ΤΗΝ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΚΙΝΗΣΙΝ. ΕΣΤΩ ΠΙΝΑΞ ΧΑΛΚΟΥΣ ΕΥΜΕΓΕΘΗΣ, ΕΙ ΔΕ ΜΗ, ΞΥΛΙΝΟΣ, ΕΧΩΝ ΤΟΝ ΖΩΔΙΑΚΟΝ ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΟΝ ΚΥΚΛΟΝ ΕΙΣ ΤΑΣ ΟΙΚΕΙΑΣ ΜΟΙΡΑΣ ΤΕΤΜΗΜΕΝΟΝ ΚΑΙ ΤΑΣ ΜΟΙΡΑΣ ΕΙΣ ΤΑ ΕΞΗΚΟΣΤΑ, ΚΑΙ ΤΑΥΤΑ ΕΙΣ ΤΑ ΔΕΥΤΕΡΑ ΚΑΙ ΕΦΟΣΟΝ ΔΥΝΑΤΟΝ, ΤΩΝ ΜΟΙΡΩΝ ΜΕΙΖΟΣΙ ΓΡΑΜΜΑΙΣ ΔΙΟΡΙΖΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΞΗΚΟΣΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΩΝ ΚΑΙ ... ΛΑΒΩΝ ΤΗΝ ΤΟΥ



Σχέδιο με επιγραφή της ελικοειδούς κλίμακας όπου διακρίνεται καταγραφή δυο εκλείψεων, μιας του ηλίου και μιας της Σελήνης που έγιναν από τον Αρχιμήδη. Από πίνακα της ζωγράφου κ. Εύας Σαραντέα Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων.

ΑΠΟΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΕΙΟΥ ΔΕΔΕΙΓΜΕΝΗΝ ΜΟΙΡΑΝ, ΠΕΡΙ ΟΝ Ο ΗΛΙΟΣ ΚΙΝΕΙΤΑΙ. ΚΑΙ ΛΑΒΩΝ ΤΗΝ ΝΥΝ ΟΥΣΑΝ ΕΠΟΧΗΝ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΕΚ ΤΩΝ [ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΩΝ] ΕΦΗΜΕΡΙΔΩΝ ΔΙΕΛΕ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΚΚΕΝΤΡΟΝ ΕΙΣ ΜΟΙΡΑΣ <Ξ> ΚΑΙ <Τ> ΚΑΙ ΕΙΣ ΛΕΠΤΑ ΤΑΣ ΜΟΙΡΑΣ ... ΕΥΡΙΣΚΕΙΣ ... ΤΟΥ ΑΠΟΓΕΙΟΥ ΜΟΙΡΑΣ, ΠΟΥ ΕΣΤΙΝ Ο ΗΛΙΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΟΧΗΝ.

*Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων
επιτομή της Ελληνικής φιλοσοφίας*

Η φιλοσοφία, η επιστήμη και η τεχνολογία, έχουν αλλάξει τη ζωή του ανθρώπου ριζικότερα στη διάρκεια των τελευταίων έξι χιλιάδων ετών και ιδίως των τελευταία εκατό ετών. Θεωρούμε δεδομένες όλες τις νέες εφαρμογές της τεχνολογίας και κάθε μέρα εμφανίζονται πάρα πολλές νέες, κάποιες από αυτές αναπάντεχες και συχνά πολύ πετυχημένες. Όλα εξαρτώνται πλέον από επιστημονικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα το παγκόσμιο δίκτυο με τις εφαρμογές του.

Πώς δημιουργήθηκε, όμως το όργανο αυτό; Πώς έφτασε η ανθρωπότητα στο σημείο να κατασκευάζει τέτοια πολύπλοκα μηχανήματα, που να μπορούν να «σκέπτονται»; Η Φιλοσοφία και ειδικότερα η Φυσική Φιλοσοφία, οι Επιστήμες γενικότερα και η προηγμένη Τεχνολογία που βασίζεται στις επιστήμες, αναπτύχθηκαν αναπόδραστα και παράλληλα με τις καλές τέχνες, την ιατρική και άλλες όψεις του Πολιτισμού στην Ελλάδα.

Ο άνθρωπος βαθμιαία αντιλαμβάνεται ότι κάθε τι που συμβαίνει στη φύση, έχει κάποιο αίτιο, ο άνθρωπος καταλαβαίνει ότι υπάρχουν νόμοι της φύσης που μπορούν να περιγραφούν με μαθηματικά και με τους οποίους αναπαράγουμε τα φυσικά φαινόμενα, είτε στο εργαστήριο με πειραματικές μεθόδους, είτε με μαθηματικά με χαρτί και μολύβι ή με υπολογι-

στές. Έτσι φθάνουμε στην κατασκευή του πινακιδίου, του πρώτου πλανηταρίου και υπολογιστή. Η ύπαρξη του Μηχανισμού αποδεικνύει ότι είναι μύθος η αντίληψη ότι οι Έλληνες δεν ενδιαφέρονταν για την τεχνολογία και τις εφαρμογές.

Αποτελεί την επιτομή της φιλοσοφίας, διότι για να φτιάξεις ένα μηχανικό σύμπαν, όπως ο Μηχανισμός, χρειάζεται να έχεις αφομοιώσει την Ελληνική Φιλοσοφία, την φιλοσοφία των Ιώνων φιλοσόφων, και να την έχεις κάνει πράξη. Η υπογραφή του Πυθαγόρα υπάρχει στον Μηχανισμό, αφού σε ένα από τα γρανάζια του είναι χαραγμένο το πεντάγωνο των Πυθαγορείων.

Ο Μηχανισμός είναι το απαύγασμα της διδασκαλίας και αντίληψης των Πυθαγορείων, η οποία οδήγησε στην ακριβή διατύπωση των γνώσεών μας για το Σύμπαν, με την μαθηματικοποίηση της κατανόησης του Κόσμου, της Φύσης. Μαθηματικοποίηση στην οποία οδηγούμαστε αναπόδραστα, μέσω των πειραμάτων, της παρατήρησης καθώς και της αντίληψης ότι η Φύση είναι αρμονική, ότι υπάρχει η Μουσική των Σφαιρών, όπως διαπι-



Φωτογραφία του λεγόμενου έφηβου των Αντικυθήρων, Περσέας; Πάρις; από το ναυάγιο των Αντικυθήρων, Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο.

στώθηκε με κατάλληλα σχεδιασμένα και πραγματοποιημένα πειράματα, που έγιναν με μουσικά όργανα και με μετρήσεις που οδήγησαν, μέσα από ανάλυση και τελική επαγωγική σκέψη, στην διατύπωση των νόμων της φυσικής.

Ο σύγχρονος κόσμος και η σημερινή τεχνολογία, βασίζονται ακριβώς

στις ίδιες αρχές της φυσικής, στην αιτιοκρατία και την ικανότητα του ανθρώπου να κατανοεί την Φύση, να ερμηνεύει και να προβλέπει τα φυσικά φαινόμενα, να τα αναπαράγει και να τα χρησιμοποιεί για τις επιστήμες και την τεχνολογία.

Το Ελληνικό Θαύμα

Γιατί όμως και πώς άρχισε η επιστήμη στην Ελλάδα; Πώς άρχισε αυτό που πολύ σωστά έχει ονομασθεί Ελληνικό Θαύμα; Η γεωγραφική θέση της Ελλάδας επέτρεψε να αναπτυχθούν κοινωνίες την εποχή που η λοιπή Ευρώπη είναι παγωμένη, το πολυσιχιδές του εδάφους με πολλές κοιλάδες και κυρίως ασφαλή νησιά, χωρίς άγρια θηρία, επέτρεψε ή πιο σωστά οδήγησε στην ανάπτυξη πολλών κοινωνιών, που μπορεί να ήταν και τελείως διαφορετικές, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις διαφορές ανάμεσα στην Αθήνα και τη Σπάρτη. Στην Ελλάδα αναπτύχθηκε η *ιδεοποικιλότητα*, πολλές διάφορες ιδέες, από τις οποίες επέζησαν πολλές, οι καλύτερες. Το πολυσιχιδές του εδάφους, οδήγησε ασφαλώς και στη βιοποικιλότητα στην Ελλάδα. Επί παραδείγματι η Κύπρος ή η Κρήτη έχουν πιο πολλά φυτά από όσα έχει η Βρετανία. Τα πολλά νησιά ήταν ασφαλείς περιοχές χωρίς μεγάλα θηρία, τα οποία δεν μπορούσαν να επιζήσουν, διότι χρειάζονταν μεγαλύτερο χώρο για την επιβίωσή τους. Χαρακτηριστικό είναι ότι στα νησιά βρίσκουμε πυγμαίους ελέφαντες, νάνους ιπποποτάμους, που μερικά τέτοια ζώα σχεδόν επέζησαν μέχρι σήμερα, όπως το αλογάκι της Σκύρου, έστω και αν τελικά δυστυχώς το διασώσαμε μόνο με διασταύρωση με άλλο μικρόσωμο αλογάκι, αφού ενδιαφερθήκαμε για αυτό όταν έμεινε μόνο ένα.

Η ποικιλία του εδάφους οδηγεί σε παραγωγή ποικιλίας ιδεών και αντιλήψεων, ποικιλίας νοοτροπιών και ιδεών. Η Ελλάδα ήταν ανέκαθεν μια παραγωγός νέων ιδεών και ιδεοθήκη (think tank). Η Ελλάδα μπορεί να κάνει πολύ



Οι δείκτες και οι κυκλικές κλίμακες από τον μηχανισμό του Ι Θεοφανίδη. Από την συλλογή του εγγονού του ναυάρχου Ιωάννη Θεοφανίδη, τώρα στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο



Τα τρία μεγαλύτερα τμήματα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων, Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο

Αντικυθήρων επιχορηγήθηκε γενναία από το Ίδρυμα Ιωάννου Φ. Κωστόπουλου. Εκφράζουμε θερμές ευχαριστίες στο: Ίδρυμα Ιωάννη Φ. Κωστόπουλου, Υπουργείο Πολιτισμού, Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο, τον διευθυντή του κ. Γ. Κακαβά, το Leverhulme Trust, το Πανεπιστήμιο Αθηνών, κ. Ι. Σειραδάκη, κ. Mike Edmunds, κ. T. Freeth, κ. Γ. Μπιτσάκη, κ. Ε. Μάγκου, κ. Μ. Ζαφειροπούλου, X-tek Systems, κ. Roger

Hadland, HP, κ. Tom Malzbender, κ. G. Henriksson, κ. Μ. Ρουμελιώτη, κ. Μέμο Τσελίκι, κ. Χάρη Κριτζά, κ. Διονύση Κριάρη, κ. Μάρω Παπαθανασίου, κ. Φλώρα Βαφέα, κ. Λίζα Μανδαλιού (Λυκοπάντη Σταδιάτη), κ. Παναγιώτη Παπασπύρου, κ. Εύη Σαραντέα, κ. Ποτίτσα Γρηγοράκου και κκ. Κώστα και Γιώργο Παπούλια.

Το copyright των εικόνων ανήκει στο Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Το copyright του κειμένου ανήκει στο Ξ. Δ. Μουσά, 2014

Υποσημειώσεις:

- 1 Πολιούχος πολλών αρχαίων πόλεων, όπως της Κορίνθου και των περισσότερων πόλεων της Μεγάλης Ελλάδας, δεύτερος στην τάξη στην Αθήνα, στους Ορφικούς Ύμνους αναφέρεται: Ποσειδάων γαιήοχε, κυανοχαίτα, ἵππιε.
- 2 Το τροπικό έτος είναι η διάρκεια που χρειάζεται να επανέλθει ο Ήλιος στο ίδιο εαρινό σημείο γ της εκλειπτικής, ο χρόνος που διέρχεται μεταξύ δύο εαρινών ισημεριών και έχει διάρκεια 365,24219878 ημέρες.

καλά πολιτισμό είπε πριν κάποια χρόνια ο πρόεδρος Μιτεράν και αυτό ισχύει στο διηνεκές. Η ανταλλαγή ιδεών γίνεται στην Αγορά, που αποτελεί το κέντρο, την καρδιά της Πόλης-Κράτος και όπου όπως υπονοεί και το όνομά της, είναι ο χώρος όπου ανταλλάσσονται ιδέες, είναι ο χώρος που όχι μόνο επιτρέπεται, αλλά επιβάλλεται η αμφισβήτηση.

Σε μεγάλα κράτη, την Αίγυπτο και την Περσία, είναι αδύνατο να επιτρέψεις να υπάρχουν αγορές όπου θα μιλάνε όλοι, όπου όλοι θα έχουν δικαίωμα να εκφράζονται. Διότι στις πολυπηθείς χώρες αν επιτραπεί να εκφράζονται όλοι τελικά δεν θα λαμβάνονται αποφάσεις. Η πολυτέλεια της άμεσης Δημοκρατίας είναι πολυτέλεια των μικρών κρατών πόλεων, αν και όχι σε όλες και όχι για όλες τις εποχές.

Οι πολλοί, συχνά επίσης λαμβάνουν λανθασμένες αποφάσεις και πολλοί σημαντικότεροι φιλόσοφοι (οι Σωκράτης και Αρίσταρχος αποτελούν τρανταχτά παραδείγματα τραγικών αποφάσεων), αλλά το σημαντικό είναι ότι εγκαθιδρύεται μια παράδοση για διάλογο,

αμφισβήτηση, που τελικά οδηγεί στην ανάπτυξη της διαλεκτικής, της αιτιοκρατίας και οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται ότι υπάρχουν νόμοι της φυσικής που κυβερνούν τη Φύση. Με αυτούς μπορούμε να ερμηνεύσουμε τα φυσικά φαινόμενα, να προβλέψουμε κάποια από αυτά (π.χ. τις εκλείψεις Ηλίου και Σελήνης, τον καιρό κ.λπ.) και έτσι γενιέται η Επιστήμη μέσω της Φυσικής Φιλοσοφίας και της ποιητικής γλώσσας των Μαθηματικών.

Ευχαριστίες

Η μελέτη του Μηχανισμού των



Η κλίμακα των εκλείψεων του μηχανισμού του Αντικυθήρων. Κατασκευή του κ. Διονύση Κριάρη.

Από τον Αλέξανδρο στον Αρχιμήδη και τον Μηχανισμό των Αντικυθήρων

ΞΕΝΟΦΩΝ ΜΟΥΣΑΣ, Καθηγητής Φυσικής του Διαστήματος, Διευθυντής του Πανεπιστημιακού Αστεροσκοπείου του Πανεπιστημίου Αθηνών, Διευθυντής του Εργαστηρίου Αστροφυσικής, του Τμήματος Φυσικής, του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Ελλάδα

Email: xmoussas@phys.uoa.gr

Εισαγωγή

Σε αυτό το άρθρο επιχειρείται μια παρουσίαση της συμβολής του Μεγαλέξανδρου στην ανάπτυξη του παγκόσμιου πολιτισμού και ειδικότερα η συμβολή του στην εξέλιξη των επιστημών.

Η Ελλάδα και ο Ελληνικός χώρος κατέχει σημαντική θέση στην παγκόσμια κονίστρα από την παλαιολιθική εποχή, όπως έδειξαν πρόσφατες μελέτες που δείχνουν ότι στο Αιγαίο έχουμε συχνή χρήση πλωτών μέσων και ναυσιπλοΐα από το 130000 με 100000 π.Χ., όπως αποδεικνύουν μελέτες που ανακάλυψαν σχετικά πρόσφατα μόνιμες εγκαταστάσεις ανθρώπων πολύ νωρίτερα από ότι αναμενόταν από την αντίληψη που έχουμε για ανάπτυξη πολιτισμού από προγόνους του ανθρώπου¹.

Το πολυσχιδές του εδάφους, τα πολλά σχετικά μικρά νησιά, παρέχουν καταφύγιο από τα μεγάλα αιλουροειδή και τις αρκούδες που κυριαρχούν κατά μεγάλες περιόδους στην ηπειρωτική Ελλάδα και δυσκολεύουν την ανάπτυξη και εξάπλωση των προγόνων του ανθρώπου. Αντιθέτως τα νησιά αποτελούν ιδανικά καταφύγια επειδή οι επικίνδυνοι θηρευτές, τα μεγάλα αιλουροειδή και οι αρκούδες, δεν έχουν αρκετό ζωτικό χώρο για να επιζήσουν και να αναπτυχθούν και να απειλούν τους ανθρώπους, οι οποίοι πλέουν το Αιγαίο και ζουν στις νήσους από την 15^η χιλιετία π.Χ., πριν την νεολιθική εποχή.²

¹ Thomas F. Strasser, Eleni Panagopoulou, Curtis N. Runnels, Priscilla M. Murray, Nicholas Thompson, Panayiotis Karkanas, Floyd W. McCoy and Karl W. Wegmann, *STONE AGE SEAFARING IN THE MEDITERRANEAN: Evidence from the Plakias Region for Lower Palaeolithic and Mesolithic Habitation of Crete*, THesperia: The Journal of the American School of Classical Studies at Athens, 79, 145-190, 2010).

Thomas F. Strasser, Curtis Runnels, Karl Wegmann, Eleni Panagopoulou, Floyd McCoy, Chad Digregorio, Panagiotis Karkanas, Nick Thompson, *Dating Palaeolithic sites in southwestern Crete, Greece*, Journal of Quaternary Science, 26, 553–560, 2011

The Early and Middle Pleistocene Archaeological Record of Greece: Current ...

Vangelis Tzoulikis, Leiden University Press, 2011. Πρέπει να προσθέσω ότι αμφισβειτείται από ορισμένους ότι η Κρήτη ήταν νησί πριν να ανοίξουν οι Πύλες του Ηρακλέους (το Γρβαλτάρ).

² N. Laskaris, A. Sampson, F. Mavridis, I. Liritzis, *Late Pleistocene/Early Holocene seafaring in the Aegean: new obsidian hydration dates with the SIMS-SS method*, Journal of Archaeological Science, 38, 2475–2479, 2011

Ο πολιτισμός γεννιέται στην προσπάθεια του Ανθρώπου να επιζήσει σε ένα δύσκολο, συχνά επικίνδυνο περιβάλλον, με πάγους ή άγρια θηρία ή στις ερήμους. Η Ελλάδα, το πολυσχιδές του εδάφους, να νησιά, τα βουνά, οι μικρές απομονωμένες κοιλάδες, που διαμορφώνει τελικά και τους Έλληνες, οδηγεί βαθμιαία στην ανάπτυξη μικρών κοινωνιών όπου σε κάποιες από τις οποίες φαίνεται ότι υπάρχει ένα είδος κοινοβουλίου, όπως φαίνεται από το κοινοβούλιο της Λήμνου ή την «αυλή» της Κνωσού, όπου φαίνεται ότι πολλοί κάθονται για μεγάλο χρονικό διάστημα για να συζητήσουν και να εκφράσουν τη γνώμη τους ή και να ψηφίσουν έστω και αν τελικά την απόφαση λαμβάνει κάποιος άρχοντας. Σε αυτές τις συνθήκες οι άνθρωποι μαθαίνουν να εκφράζονται, να αποφασίζουν από κοινού, να έχουν νέες ιδέες, να πείθουν, να διαλέγονται. Η Αγορά και η διαλεκτική, η «μαιευτική» και η επιστήμη γεννιούνται προς όφελος της ανθρωπότητας. Φυσικά τα ταξίδια των Ελλήνων στη διάρκεια των οποίων γνωρίζουν άλλους πολιτισμούς τους ανοίγουν τα μάτια και το μυαλό, όπως μας λέει και ο αρχαιότερος των συγγραφέων, Όμηρος [*πολλῶν δ' ἀνθρώπων ἴδεν ἄστεα καὶ νόον ἔγνω*, ο Οδυσσεύς].

Αστρονομία μητέρα του Πολιτισμού

Η αιτιοκρατία, η αντίληψη ότι υπάρχουν νόμοι της Φύσης που κυβερνούν όλα τα φαινόμενα που συμβαίνουν στο Γη και τον Κόσμο, τα μαθηματικά, η Φυσική Φιλοσοφία και γενικότερα η Φιλοσοφία που άλλαξε τον Κόσμο μας και οδήγησε στον Πολιτισμό, γεννήθηκαν με την Αστρονομία. Άνθρωπος, άλλωστε σύμφωνα με κάποια ετυμολογία είναι αυτό το ον που ατενίζοντας τον έναστρο ουρανό, θαυμάζοντάς τον από απλό έμβιο όν γίνεται άνθρωπος³.

Ασφαλώς χίλιετίες πριν από την ανάπτυξη της αγοράς, όπου οι άνθρωποι επικοινωνούν, συζητούν και επιχειρηματολογούν, πολύ πριν την ανάπτυξη της διαλεκτικής, οι πρόγονοι του ανθρώπου (όπως και αν τους ονομάζουμε) ατενίζουν τον ουρανό, κάθε ξάστερη νύκτα, και με τον καιρό, μέρα με την μέρα και νύκτα

με την νύκτα, διαπιστώνουν την κυκλική κίνηση των απλανών αστερών, αναγνωρίζουν τους πλανήτες που έχουν σημαντικότερο ρόλο στον Κοσμικό χορό, μελετούν την κίνηση της Σελήνης και την περίεργη μεταβολή του φωτεινού τμήματός της που καθορίζει πότε μπορεί κανείς να κυνηγήσει και να ψαρέψει, τον Ήλιο που είναι κυρίαρχος της ζωής μας σε αυτό τον πλανήτη με τις εναλλαγές των εποχών και το

³ Ασφαλώς γνωρίζω την ετυμολογία που θέλει η λέξη άνθρωπος να προέρχεται από την λέξη άνδρας και σημαίνει ότι είναι αυτό το ον που μοιάζει με άνδρα, αλλά δεν την δέχομαι διότι είναι σεξιστική, και δεν νομίζω ότι υπάρχει κυρία που θα δεχόταν ότι μοιάζει με άνδρα, αλλά πώς θα μπορούσε να υπάρχει μια λέξη που αναφέρεται στον άνδρα και να σημαίνει ότι μοιάζει με άνδρα, άρα δεν είναι άνδρας, διότι αν είναι δεν μπορούμε να πούμε ότι μοιάζει με άνδρα.

ημερονύκτιο.

Βαθμιαία από τον κοσμικό χορό των ουρανίων σωμάτων αντιλαμβάνονται την *αρμονία των σφαιρών* του Πυθαγόρα, που την μουσική τους δεν ακούμε, αλλά αντιλαμβανόμαστε με τα μαθηματικά, αφού τελικά (και πολύ σωστά) όλα είναι μαθηματικά κατά τους Πυθαγορίους, με τα οποία αποκλειστικά περιγράφεται η φύση και ο Κόσμος, δηλαδή αποκλειστικά μέσω των νόμων της φυσικής. Φυσικά τότε προσπαθούσαν να κατανοήσουν και να αναπαράγουν τα φυσικά φαινόμενα με τους τότε γνωστούς νόμους της φυσικής, όπως τους αντιλαμβάνονταν τότε. Για παράδειγμα οι νόμοι της φυσικής για την πρόβλεψη των εκλείψεων ήταν οι γνωστές περιοδικότητες των εκλείψεων, οι Σάρροι, τις οποίες χρησιμοποιούμε και σήμερα.

Η αστρονομία είναι καθοριστική για την δημιουργία του πολιτισμού, την γέννησή του και την εξέλιξή του. Ο άνθρωπος προοδεύει καθώς οδηγείται στην ανάπτυξη αστρονομικών μοντέλων. Αρχίζει κυρίως με την δημιουργία ακριβών ημερολογίων που είναι απαραίτητα για την λειτουργία της κοινωνίας, ακόμη και αν αυτή δεν είναι οργανωμένη. Ο σωστός χρόνος καθορισμού της σποράς και άλλων αγροτικών εργασιών είναι κεφαλαιώδους σημασίας για τις κοινωνίες των ανθρώπων και η χρήση ακριβών ημερολογίων απαιτεί σωστές παρατηρήσεις των κινήσεων του Ηλίου και της Σελήνης. Η Σελήνη με την πολύπλοκη τροχιά της και συνοδική περίοδο, δηλαδή περίοδο σχετικά με τη Γη και τον Ήλιο, η οποία είναι περίπου 29,5 ημέρες οδηγεί αναγκαστικά σε πολύπλοκα μαθηματικά και αναγκάζει τον άνθρωπο να τα αναπτύξει. Δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι όλος ο ανθρώπινος πολιτισμός δημιουργήθηκε επειδή η διάρκεια του έτους δεν είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της διάρκειας του σεληνιακού συνοδικού μήνα. Αν δηλαδή τύχαινε το έτος να είναι 350 ημέρες και ο μήνας 35 ημέρες ή 70 ή 10 ημέρες δεν θα χρειαζόνταν πολύπλοκα μαθηματικά. Η φύση είναι συχνά απλή, αλλά πολύ συχνότερα πολύπλοκη. Η Σελήνη έχει πολύπλοκη κίνηση διότι η θέση του επιπέδου κίνησής της γύρω από την Γη αλλάζει περιοδικά κατά $\pm 5^\circ$ περίπου με αποτέλεσμα οι εκλείψεις του Ηλίου και της Σελήνης και οι φάσεις επανεμφάνισης της Σελήνης στον ουρανό να έχουν διάφορες περιοδικότητες και ως εκ τούτου να απαιτούνται πολύπλοκα μαθηματικά για την πρόβλεψή τους.

Αρκετά πολύπλοκες είναι και οι κινήσεις των πλανητών, ειδικά όπως τις βλέπουμε από την Γη η οποία κινείται γύρω από τον Ήλιο με άλλη ταχύτητα από αυτήν που κινούνται οι άλλοι πλανήτες, πόσο μάλλον που ο καθένας τους έχει διαφορετική γωνιακή και γραμμική ταχύτητα. Οι αρχαίοι αστρονόμοι ανακαλύπτουν τις πολύπλοκες περιοδικότητες καθώς μετρήσεις των θέσεων των πλανητών συσσωρεύονται από παρατηρήσεις που γίνονται στη διάρκεια αιώνων. Διότι για να ανακαλύψεις περιοδικότητες χρειάζεσαι παρατηρήσεις πολλαπλάσιας διάρκειας και για μεγάλης διάρκειας περιοδικότητες της τάξης των 18, 19, 54 και 76 ετών χρειάζεσαι παρατηρήσεις αιώνων, που κάποιες από αυτές αρχίζουν από την προϊστορική εποχή.

Από αυτή την πολύχρονη αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τον ουρανό, με τα άστρα, τον Ήλιο, την Σελήνη και τους πλανήτες, έχουμε την ανάπτυξη νέων οργάνων μέτρησης, που δίνουν την δυνατότητα πολλών και πολύ καλύτερων μετρήσεων, που μετά από μελέτη οδηγούν στην ανάπτυξη όλο και ακριβέστερων αστρονομικών μοντέλων που επιχειρούν να περιγράψουν την φύση με ακρίβεια. Η γέννηση της αντίληψης ότι υπάρχουν νόμοι της φύσης και αιτιοκρατία οφείλεται συνεπώς στην μελέτη της κίνησης του Ήλιου και της Σελήνης, στην αρμονία των άστρων και των πλανητών και οδηγεί στην ανάπτυξη των επιστημών.

Από τα μαθηματικά μοντέλα των Ελλήνων κατά τη διάρκεια των αιώνων μας επιτρέπεται να γνωρίζουμε τις αντιλήψεις τους σχετικά με την ερμηνεία του Κόσμου με την φυσική φιλοσοφία, δηλαδή με τις επιστήμες και τα μαθηματικά.

Η αστρονομία έδωσε πολλούς καρπούς, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, αυτή οδήγησε στους νόμους της Φυσικής με τον Κέπλερ και τον Νεύτωνα και σήμερα συνεχίζει με απίστευτη επιτυχία. Ασφαλώς δεν θα είχαμε την σύγχρονη τεχνολογία χωρίς την διαστημική εποχή. Τα τελευταία 55 έτη της διαστημικής εποχής που άρχισε με τον Σπούτνικ (4^η Οκτωβρίου 1957) η πρόοδος της ανθρωπότητας είναι αλματώδης σε όλα τα πεδία. Ο σημερινός πολιτισμός μας βασίζεται στην αρχαία Ελληνική παράδοση της φιλοσοφίας και ειδικότερα στην φυσική φιλοσοφία και την παράδοση του Μηχανισμού των Αντικυθήρων που αποτελεί την *Επιτομή του Ελληνικού πολιτισμού*, αφού η σύλληψη και η κατασκευή του απαιτεί εφαρμογή όλων των συνιστωσών της Ελληνικής φιλοσοφίας. Περικλείει την αντίληψη των Νόμων της Φύσης που βλέπουμε στους ορφικούς Ύμνους⁴, την αιτιοκρατία, την αντίληψη των Πυθαγορείων ότι οι φυσικοί νόμοι εκφράζονται με ακρίβεια μόνο με μαθηματικά, περιέχει όλη την *Φυσική Φιλοσοφία*, που επιτρέπει στον Άνθρωπο να κατανοήσει την Φύση, να ερμηνεύσει και ακόμη να προβλέπει ορισμένα φυσικά φαινόμενα, ακόμη και πολύπλοκα, όπως αυτά της κίνησης των ουρανίων σωμάτων, αρχικά να τα εκφράζει με μαθηματικά μοντέλα και στη συνέχεια να τα αναπαριστά πιστά με γρανάζια⁵.

Αλέξανδρος, Βαβυλών και Αίγυπτος

Ο Μεγαλέξανδρος όπου πήγε στις εκστρατείες του και στην Ελληνική αυτοκρατορία που ίδρυσε, είχε μαζί

⁴ Papathanasiou, 1978, *Cosmological and Cosmogonical Notions in Greece during the 2nd millennium BC*, PhD Thesis, University of Athens.

⁵ Αξιοσημείωτο είναι ότι η κίνηση της Σελήνης στον Μηχανισμό των Αντικυθήρων αναπαράγεται αρκετά πιστά με χρήση καλών προσεγγίσεων και των τριών νόμων του Κέπλερ.

του ως συμβούλους επιστήμονες που τους συμβουλευόταν σε πολλά⁶. Αυτοί οι επιστήμονες συνέλλεγαν επιστημονικές πληροφορίες σχετικά με κάθε τι. Συνέλλεγαν γεωγραφικά στοιχεία, για να κάνουν καλούς χάρτες, πληροφορίες για φυτά και τα ζώα, παλαιά αστρονομικά δεδομένα μεταξύ των οποίων μπορούμε να υποθέσουμε ότι ήταν κατάλογοι εκλείψεων, θέσεις των πλανητών να τους αιώνες, πληροφορίες για ημερολόγια. Όλες αυτές τις πολύτιμες πληροφορίες τις καταγράφουν και τις στέλνουν πίσω στην Ελλάδα.

Αυτή η επιστημονική διαδικασία συνεχίζεται από τους διαδόχους του και μετά τον θάνατό του, και δημιουργείται μια παγκόσμια επιστημονική παράδοση προς όφελος των επιστημών και του πολιτισμού. Η κοινή πλέον γλώσσα των επιστημών, που γίνεται η Ελληνική, συμβάλλει στην ευκολότερη ανάπτυξη των επιστημών στον γνωστό τότε κόσμο που είναι πλέον Ελληνικός και έτσι γεννιέται αυτό που ονομάστηκε Ελληνιστικός πολιτισμός, διότι ίσως ενοχλούσε ο όρος Ελληνικός. Η Αίγυπτος συνεισφέρει ασφαλώς με τις γνώσεις της, αλλά και με ένα απροσδόκητο τρόπο. Η γραφειοκρατία στην τεράστια αυτή χώρα την οποία ο Αλέξανδρος απελευθερώνει από τους σκληρούς δυνάστες της τους Πέρσες, είναι, παραδόξως, ένας παράγοντας που οδήγησε σε πρόοδο. Η Ελληνο-Αιγυπτιακή γραφειοκρατία, που απαιτεί καταγραφή όλων των προϊόντων που διακινούνται στα λιμάνια και κυρίως στην Αλεξάνδρεια απαιτεί τεράστιο αριθμό ατόμων που να μπορούν να γράφουν και να κάνουν μαθηματικές πράξεις για να πληρώνονται οι φόροι. Για να εκπαιδευτούν αυτά τα άτομα απαιτούνται πολλοί δάσκαλοι και σχολεία. Η εκπαίδευση οδηγεί κάποια προικισμένα άτομα να μορφώνονται πολύ καλά και να γίνονται επιστήμονες. Οι βασιλείς αντιλαμβάνονται περισσότερο την χρησιμότητα των σχολείων και των σχολών, δηλαδή των πανεπιστημίων εκείνης της εποχής. Γεννιούνται το Μουσείο και η Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας, η οποία τροφοδοτείται με αντίγραφο κάθε βιβλίου που υπάρχει σε διερχόμενο πλοίο. Η επιστήμη βασίζεται πλέον στην παγκόσμια κληρονομιά του Μεγαλέξανδρου και η Αλεξάνδρεια είναι το κέντρο της για αιώνες.

Η κληρονομιά του Αρχιμήδη

Συγχρόνως δημιουργείται στις Συρακούσες ένα κέντρο επιστημών όταν ο Διονύσιος αποφασίζει και ιδρύει ένα κέντρο ανάπτυξης πολεμικής αρχικά τεχνολογίας μαζεύοντας επιστήμονες, μηχανικούς, τεχνικούς, τεχνίτες για να φτιάχνει καλύτερες πολεμικές μηχανές, καταπέλτες, πολιορκητικές μηχανές, πλοία κ.α. εφαρμογές και συγχρόνως αναγκαστικά αναπτύσσονται και οι επιστήμες. Ο Αρχιμήδης αναπτύσσεται εκεί. Ο πατέρας του, Φειδίας, είναι αστρονόμος και ασφαλώς και μαθηματικός και πανεπιστήμων. Ο Αρχιμήδης

⁶ Κουτσούκος, Μάριος, Ο Μέγας Αλέξανδρος και γεωπονική επιστήμη - Η επιστημονική πτυχή της εκστρατείας στην Ανατολή, 112 σελ. Εκδ.Οίκ. Σταμούλης Αντ. ISBN 960-8353-78-5, ISBN-13 978-960-8353-78-7, Αθήνα, 2005, Engels Donald W., *Alexander the Great and the Logistics of the Macedonian Army*, University of California Press, pp194, 1980

προικίζεται από τον πατέρα του με όλες τις γνώσεις και έτσι γίνεται ο μέγιστος των μαθηματικών. Ο Αρχιμήδης βέβαια δεν είναι μόνο μαθητής του πατέρα του. Πηγαίνει στην μεγάλη Μητρόπολη, την Αλεξάνδρεια όπου ασφαλώς εκπαιδεύεται και γίνεται μεγαλοφυΐα. Ο Αρχιμήδης αναπτύσσει και τεχνικές εφαρμογές, στρατιωτικές, όπως αυτές που του επέτρεψαν να κρατήσει ελεύθερη την πατρίδα του, τις Συρακούσες, απωθώντας με διάφορες εφευρέσεις τους πολιορκητές Ρωμαίους για καιρό, σχεδόν μόνος του. Ανάμεσα στα άλλα ξέρουμε από περιγραφές ότι φτιάχνει και ρολόγια και δυο *Σφαίρες* δηλαδή μηχανικά σύμπαντα. Αξίζει να αναφέρουμε ότι αιώνες αργότερα ο Ήρων μας δίνει τον ορισμό του μηχανικού ότι είναι αυτός που [όπως ο Αρχιμήδης] μπορεί να κατασκευάσει ένα μηχανικό σύμπαν. Ο Αρχιμήδης έχει σχολή και μαθητές που θητεύουν και έτσι οι γνώσεις του πηγαίνουν σε άλλους επιστήμονες που εκπαιδεύει επάξια, όπως φαίνεται με την μελέτη μας του Μηχανισμού των Αντικυθήρων του οποίου η κατασκευή εκτιμούμε με υπολογισμούς ότι βασίζεται στις μετρήσεις του Αρχιμήδη και των μαθητών του που συνεχίζουν το έργο του για τρεις τουλάχιστον δεκαετίες.

Τα μυστικά του Μηχανισμού

Τι μυστικά μπορεί να έχει ένα μηχανήμα; γιατί να ενδιαφέρεται κανείς να μελετήσει ένα μηχανήμα; Τι μπορεί να αποδώσει μια μελέτη ενός ξεχασμένου από πολλούς μηχανισμού, έστω και αν αυτό έχει ένα παράξενο όνομα, όπως *Μηχανισμός των Αντικυθήρων* ή *Αστρολάβος των Αντικυθήρων*, που ήταν το όνομα που είχε όταν ήμουν παιδί και τον θαύμαζα στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο, κοντά στο σπίτι μας που συνήθιζα και συνηθίζω να πηγαίνω Κυριακές μεσημέρι να θαυμάζω τα αρχαίους θησαυρούς, ή *Σφαίρα* [κατά Αρχιμήδη], ή *Πλανητάριο*, ή *Πίνακα* και *Πινακίδιο*, (που εκτιμώ ότι είναι και το πλέον πιθανό) ή ακόμη και *Πυξίδα* όπως ονομάζουν παρόμοια μηχανήματα στα οποία αναφέρονται αρχαίοι συγγραφείς. Το ενδιαφέρον και η αγάπη που είχα για αυτό το μηχανήμα αποδείχθηκε πολύ αποδοτική, όπως κάθε αγάπη, γιατί η αγάπη πάντοτε ανταποδίδει πολλαπλάσια άδολα, προς όφελος όλων. Η μελέτη του μηχανισμού απέδωσε προς όφελος της Ελλάδας, της ανθρωπότητας, της ελληνικής και παγκόσμιας ιστορίας, της ιστορίας της αστρονομίας, των μαθηματικών, της τεχνολογίας, της μεταλλουργίας, της χημείας, της μηχανικής και της φυσικής, της μετεωρολογίας και της κλιματολογίας, ακόμη και της αστροφυσικής και της γλωσσολογίας, όσο και αν αυτό φαίνεται παράξενο ή και απίθανο.

Η μελέτη του Μηχανισμού που διεξάγεται από την επιστημονική ομάδα μας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών βασίζεται στις τομογραφίες που κάναμε με τον Τομογράφο με το περίεργο όνομα *BladeRunner* που σχεδίασε και κατασκεύασε με τους συνεργάτες του ο Roger Hadland, τότε ιδιοκτήτης της εταιρείας υψηλής

τεχνολογίας X-tek Systems, που φέραμε από την Βρετανία, συνολικού βάρους 12 τόνων ειδικά σχεδιασμένο να διαπερνά γύρω στα 12 με 15 εκατοστά χαλκού. Αυτή η διεισδυτική ικανότητα ήταν απαραίτητη ιδιότητα που απαιτούσαμε από ένα τομογράφο, ώστε να μπορεί να αναδείξει τα μυστικά του μεγαλύτερου αρχαίου μυστηρίου.

Μια σημαντικότερη έκπληξη αποτελεί η ανάγνωση των ωρών, μηνών και ετών των εκλείψεων σε μια ελικοειδή κλίμακα των εκλείψεων 223 μηνών, του Σάρου, που με χρήση ενός γράμματος τριπλασιάζεται σε διάρκεια και γίνεται η περίοδος του Εξελιγμού διάρκειας 54 ετών περίπου. Μεγαλύτερη ήταν η έκπληξη που είχαμε όταν ο κ. Γ. Χένριξον, αστρονόμος ειδικός στις αρχαίες εκλείψεις, με βασισμένος στην ανάγνωση των ωρών, μηνών και ετών των αρχαίων εκλείψεων του Μηχανισμού, οι οποίες καλύπτουν μια χρονική περίοδο ενός *Εξελιγμού*, δηλαδή περιόδου 54 ετών και ενός μηνός, υπολογίστε πού θα μπορούσαν αν είχαν γίνει οι παρατηρήσεις. Τεράστια ήταν η έκλειψή μου ότι όλες έχουν παρατηρηθεί στην Σικελία και ειδικότερα όλες σχεδόν στις Συρακούσες και μια στο Ταυρομένιο και ακόμη μεγαλύτερη έκπληξη πως το 1/3 παρατηρήθηκαν την εποχή του Αρχιμήδη και οι υπόλοιπες σε μια περίοδο τριάντα περίπου ετών μετά τον φόνο του Αρχιμήδη.

Αυτή η ανακάλυψη είναι πρώτου μεγέθους αστρονομική ανακάλυψη, διότι αποδεικνύει ότι η υπογραφή του μεγαλύτερου επιστήμονα όλων των εποχών, αποδεικνύει ότι ο Αρχιμήδης ήταν αστρονόμος. Ξέραμε ότι είχε φτιάξει δυο αστρονομικά μηχανήματα, το πλανητάριο και την μηχανική, πιθανότατα αυτόματα, ουράνια σφαίρα, αλλά αυτό δεν αποδεικνύει ότι ήταν αστρονόμος, αλλά ότι είχε τουλάχιστον φτιάξει ένα δυο αστρονομικά αυτόματα για να δείξει την δεξιοτεχνία του.

Η παγκόσμια κληρονομιά

Χωρίς το παγκόσμιο Ελληνικό κράτος του Αλεξάνδρου και χωρίς την προσωπική συμβολή του, μέσω των επιστημόνων συμβούλων του μέγιστου των μαθητών του Αριστοτέλη, δεν θα μπορούσε να έχει υπάρξει η σημερινή επιστήμη και ο σημερινός πολιτισμός. Οι επιστήμες από την εποχή του Ερατοσθένη, του Ευκλείδη και του Αρχιμήδη αναπτύσσονται στον παγκόσμιο καμβά που έχει κατασκευάσει η Ελληνική Κοσμοκρατορία του Μεγαλέξανδρου και χωρίς αυτή πρέπει να τονίσουμε ότι δεν θα μπορούσε αν είχε αναπτυχθεί η επιστήμη όπως την ξέρουμε σήμερα. Ίσως να είχε γεννηθεί κάτι άλλο. Ο σημερινός κόσμος βασίζεται στις ανακαλύψεις των Ελλήνων επιστημόνων που ανθούν όπως και οι επιστήμες στην Αλεξάνδρεια, τις Συρακούσες, την Ρόδο, την Σελεύκεια, και όλο τον Κόσμο του Αλεξάνδρου. Τα bits και τα bytes του υπολογιστή σας, του φορητού τηλεφώνου σας, έχουν περάσει από την Αλεξάνδρεια και τις

Συρακούσες και την Ρόδο και την Σελεύκεια και οι ρίζες τους πάνε στον Μεγαλέξανδρο. Πολλές από τις νεότερες ανακαλύψεις στηρίζονται στους ώμους γιγάντων που, όπως μας λέει χαρακτηριστικά, ο Νεύτων στηρίχθηκε και αυτός. Ανάμεσα σε αυτούς είναι και οι τεράστιοι ώμοι του Αλέξανδρου. Ο παγκόσμιος πολιτισμός, που είναι σε μεγάλο βαθμό Ελληνικός πολιτισμός και Ευρωπαϊκός πολιτισμός, βασίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στον Αλέξανδρο και την παγκόσμια κληρονομιά του.

Βιβλιογραφία

- Berthelot, M. (1888). *Collection des Anciens Alchimistes Grecs*, Steinheil, Paris,
<http://www.rexresearch.com/alchemy5/berthelot.htm> <http://remacle.org/bloodwolf/alchimie/table.htm>
- Betegh, Gábor (2004). *The Derveni Papyrus: Cosmology, Theology and Interpretation*, Cambridge University Press,
- Bromley A.G. (1986). *Notes on the Antikythera Mechanism*, Centaurus, vol. 29, pp. 5-27.
- Bromley A.G. (1990a). *The Antikythera Mechanism*, Horological Journal, vol. 132, pp. 412-415.
- Bromley A.G. (1990b). *The Antikythera Mechanism: A Reconstruction*, Horological Journals July 1990, pp. 28-31.
- Bromley A.G. (1990c). *Observations of the Antikythera Mechanism*, Antiquarian Horology, No.6, vol. 18, Summer 1990, pp. 641-652.
- Chondros, Thomas G., 2009, *The Development of Machine Design as a Science from Classical Times to Modern Era*, in H.-S. Yan, M. Ceccarelli (eds.), *International Symposium on History of Machines and Mechanisms*, DOI 10.1007/978-1-4020-9485-9_5, Springer Science+Business Media B.V.
- Devevey, F., A. Rousseau, C. Vernou, P. Cauderlier, & C. Magister (2008). *The Astral Disc of Chevroches, Cosmology Across Cultures*, SEAC 2008, Granada,
http://www.iac.es/congreso/cac2008/pages/view_abstract.php?aid=7
- Devevey, F. (2009). *The zodiacal curved disc of Chevroches*, IAU–UNESCO Symposium 260, The Role of Astronomy in Society and Culture, 19 – 23 January 2009, UNESCO Headquarters, Paris, France, <http://iaus260.obspm.fr>
- Engels Donald W., *Alexander the Great and the Logistics of the Macedonian Army*, University of California Press, pp194, 1980
- Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J.H., Tselikas, A., Mangou, H., Zafeiropoulou, M., Hadland, R., Bate, D., Ramsey, A., Allen, M., Crawley, A., Hockley, P., Malzbender, T., Gelb, D., Ambrisco, W. & Edmunds, M.G. (2006). Nature 444, 587.
- Freeth, T., Jones, A., Steele, J.M. & Bitsakis, Y. (2008). Nature 454, 614.
- Freeth, T. (2009). *Decoding an Ancient Computer*, Scientific American 301 (6): 76–83.
- Gibbon, Edward, (2009). *The Decline and Fall of the Roman Empire*, CRW Publishing Limited, Cirencester, United Kingdom.
- Henriksson, Goran (2009). *Ten solar eclipses show that the Antikythera Mechanism was constructed for use on Sicily*, The European Society for Astronomy in Culture 17th Annual Meeting, SEAC 2009. Alexandria Library, Alexandria, Egypt.
- Gourtsoyannis, E. (2010). *Hipparchus vs. Ptolemy and the Antikythera Mechanism: Pin–Slot device models lunar motions*, Advances in Space research, doi:10.1016/j.asr.2009.08.030, in press.
- Karkanias, Panagiotis, Nick Thompson, *Dating Palaeolithic sites in southwestern Crete, Greece*, „Journal of Quaternary Science, 26, 553–560, 2011
- Κουτσούκος, Μάριος, Ο Μέγας Αλέξανδρος και γεωπονική επιστήμη - Η επιστημονική πτυχή της εκστρατείας στην Ανατολή, 112 σελ. Εκδ.Οίκ. Σταμούλης Αντ. ISBN 960-8353-78-5, ISBN-13 978-960-8353-78-7, Αθήνα, 2005
- Laks André and Most, Glenn W. (editors) (1997). *Studies on the Derveni papyrus*, Oxford University Press, Great Clarendon Street, Oxford

- Laskaris, N., A. Sampson, F. Mavridis, I. Liritzis, *Late Pleistocene/Early Holocene seafaring in the Aegean: new obsidian hydration dates with the SIMS-SS method*, Journal of Archaeological Science, 38, 2475–2479, 2011
- Marchant, Jo, (2008). *Decoding the Heavens: Solving the Mystery of the World's First Computer*, Arrow Books Ltd
- Malzbender, T., D. Gelb, H. Wolters., (2001). *Polynomial texture maps*, in: SIGGRAPH 2001, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM Press/ACM SIGGRAPH, , pp. 519–528.
- Moussas, X., Seiradakis, J., Freeth, T., Edmunds, M., Bitsakis, Y., Babasides, G., Ioannidis-Vamvakas, D., Fasouloupoulos, G., Daniels, E. & Kriaris, D. (2007), *Communicating Astronomy to the Public*, IAU Commission 55 conference, 2007(Athens).
<http://www.communicatingastronomy.org/cap2007/abstracts.html>
- Moussas, X. *Antikythera Mechanism, PINAX, the first computer*, Hellenic Physical Society, Athens, Greece, 2011. 2012 (2nd ed.)
- Neugebauer, O., (1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Springer, Berlin.
- Orphic Hymns, The: Text, Translation and Notes* by A. Athanassakis, 1988,
<http://www.sacred-texts.com/cla/hoo/> <http://remacle.org/bloodwolf/poetes/falc/orphee/hymnes.htm>
- Papathanasiou, 1978, *Cosmological and Cosmogonical Notions in Greece during the 2nd millennium BC*, PhD Thesis, University of Athens.
- Papathanassiou, Maria K. (2010). *Reflections on the antikythera mechanism inscriptions*, Advances in Space Research, doi: DOI: 10.1016/j.asr.2009.10.021
- Price Derek J. De Solla, (1955), *Clockwork before the Clock*, Horological Journal, pp. 811-813, December 1995, pp. 31-34 and January 1956, pp.31-34.
- Price, D. de Solla, (1974). *Gears from the Greeks. The Antikythera mechanism – A calendar computer from ca. 80 BC*, vol. 64, Part 7. Transactions of the American Philosophical Society, NS, Philadelphia.
- Rados, C. (1905). *Comptes Rendues* International Archaeological Congress in Athens: pp. 256-258
- Rados, C. (1910). *On the Antikythera Treasure, astrolabe, anaphoric clock, odometers*, Book, Athens.
- Rediadiis P. (1903). *Der Astrolabos von Antikythera*, Das Athener Nationalmuseum.
- Rehm, A. (1907). *Philologische Wochenschrift*: cols. 467-470.
- Svoronos, J.N. (1903) *Die Funde, von Antikythera*, Das Athener Nationalmuseum
- Svoronos, J. N. (1907). *Das Athener Nationalmuseum*
- Stamatis, E. (1974). *Archimedes works* (in Greek), TEE publishing house, Athens.
- Theofanidis, J. (1934), *Sur l'instrument en cuivre, dont des fragments se trouvent au Musee Archeologique d'Athenes et qui fut retire du fond de la mer d'Anticythere en 1902*, Praktika tes Akademias Athenon 9: pp. 140-149.
- Thomas F. Strasser, Eleni Panagopoulou, Curtis N. Runnels, Priscilla M. Murray, Nicholas Thompson, Panayiotis Karkanias, Floyd W. McCoy and Karl W. Wegmann, *STONE AGE SEAFARING IN THE MEDITERRANEAN: Evidence from the Plakias Region for Lower Palaeolithic and Mesolithic Habitation of Crete*, Hesperia: The Journal of the American School of Classical Studies at Athens, 79, 145-190, (2010).
- Thomas F. Strasser, Curtis Runnels, Karl Wegmann, Eleni Panagopoulou, Floyd McCoy, Chad Digregorio, Tourloukis, Vangelis, *The Early and Middle Pleistocene Archaeological Record of Greece: Current*, Leiden University Press, 2011.
- Wright, M.T. (2002), *A planetarium display for the Antikythera mechanism*, Horological Journal 144 (5 and 6) pp. 169–173 193.
- Wright, M.T. (2003), *Epicyclic gearing and the antikythera mechanism*, Part I, Antiquarian Horology 27 (3) pp. 270–279
- Wright, M.T. (2005a). *The Antikythera mechanism: a new gearing scheme*, Bulletin of the Scientific Instrument Society 85, pp. 2–7.
- Wright, M.T. (2005b). *Epicyclic gearing and the Antikythera mechanism*, Part II, Antiquarian Horology 29 (1), pp. 51–63.
- Wright, M.T. (2005c). *Counting months and years: the upper back dial of the Antikythera mechanism*, Bulletin of the Scientific Instrument Society (87), pp. 8–13.
- Wright, M.T. (2006a). *The Antikythera mechanism and the early history of the moon-phase display*, Antiquarian Horology 29 (3) (2006), pp. 319–329.
- Wright, M.T. (2006b). *Understanding the Antikythera mechanism*. In: Proceedings Second International Conference on Ancient Greek Technology, Technical Chamber of Greece, Athens, pp. 49–60,

- Wright, M.T., Bromley, A.G., Magkou, E. *Simple X-Ray Tomography and the Antikythera Mechanism*, PACT 45 (1995). In: Proceedings of the Conference Archaeometry in South-Eastern Europe, pp. 531–543, April 1991.
- Zafeiropoulou M., Mitropoulos, P. (2009) *The Antikythera shipwreck, the treasure and the fragments of the Mechanism*, XXIII International Congress of History of Science and Technology, Ideas and Instruments in Social Context, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.

From Alexander to Archimedes and the Antikythera Mechanism

XENOPHON MOUSSAS, Professor in Space Physics, Director of the Observatory of the University of Athens, Director of Astrophysics Laboratory, Department of Physics, National and Kapodistrian University of Athens. Hellas

Email: xmoussas@phys.uoa.gr

Introduction

In this article we attempt to present the contribution of Alexander the Great to the development of the world culture and in particular his contribution to the advancement of science and philosophy.

Greece and the Hellenic World holds an important position in the global arena of civilization since the Paleolithic era. It is shown by recent studies that in the Aegean Sea boats were frequently used and that navigation flourished from 130000 to 100000 BC. The evidence of this is based on studies on newly discovered permanent human settlements, much earlier than expected, and these confirm the notion that the Hellenic culture was developed by our human ancestors, already from the early phases of human civilization.

The diversity of soil on the many small islands provides shelter from the felines and bears that dominated for large periods in the mainland of Greece, and hindered the growth and spread of our human ancestors. Instead, the islands are ideal shelters, because dangerous predators, felines and bears, do not have enough breathing space to survive, breed, and threaten humans, who sail to the Aegean islands and inhabit them in the 15th millennium B.C., before the Neolithic era.

The civilization and culture are born within man's attempt to survive in a difficult, and often dangerous, natural environment, within ice – covered territories or deserts, inhabited by wild beasts. In Greece, the diverse soil in islands, in mountains, or small isolated valleys, allowed gradually to our Hellenic ancestors to proceed to the formation and the development of small communities, in some of which there seems to exist a kind of “parliament”, as shown by the “parliament of Lemnos” or the “yard” of Knossos. In these cases it seems that the majority of the members of the community are sitting for long periods of time in a predescribed place to discuss their problems and express their opinions, or to vote, even though the decision ultimately is taken a ruler. Within these institutions, people learn to express themselves, to decide together about their problems, to develop new ideas, to persuade, to converse. The Agora and Dialectics, the “midwife” of Socrates, are born, and science develops to the benefit of these cultures, and ultimately for humanity. Naturally, the Greeks travel around the known world, and during their expeditions or travels come in contact with other cultures, open their eyes and minds, as it is already said in the ancient writers, as it is stated for example in Homer [*πολλῶν δ’ ἀνθρώπων ἴδεν ἄστεα καὶ νόον ἔγνω*, he [Ulysses] knew many cities and way of thinking of many people, Odyssey].

Astronomy: Mother of Civilization

The determinism, the notion that there are laws of nature that govern all the phenomena occurring in Earth and Cosmos, mathematics, natural philosophy and general philosophy that changed our world and resulted in Culture, were born within the framework of Astronomy. Man is after all, according to an etymology, the being that by gazing the starry sky and admiring its wonders, tries to understand the Cosmos, and from a simple living creature he becomes a human being.

Certainly, millennia before the development of the Agora, where people communicate, discuss and argue, long before the development of the Dialectic Method, the ancestors of man (if we can call them by this name) look to the sky, a starry night after the other, and within time, day by day, and night by night, note the circular motion of the fixed stars. They also recognize the planets, and that they play a greater and more complex role in the cosmic dance of the celestial bodies, they study the movement of the Moon and the strange change in its the bright part (phase or age of the Moon), which determines the times for hunting and fishing, and the motion of the Sun, which dominates our lives on this planet by the alternation of the seasons and by the continuous change from day to night.

Gradually, the cosmic dance of the celestial bodies enables humans to perceive the Harmony of the Spheres of Pythagoras, that is the cosmic music we do not hear, but we can understand by Mathematics. Eventually (and quite rightly) Pythagoras and his followers understand that all are expressed in mathematical forms, which uniquely describes nature and the world, and that nature can be understood only through the laws of physics. Naturally, after this great conception, they try to understand, replicate and even in some case predict natural phenomena, based on the knowledge of the then known laws of physics, as perceived within their era. For example, the laws of physics to predict eclipses were known, and expressed as the periodicities of eclipses, for example the Saros cycle, which we still use today.

Astronomy has played a very crucial role for the creation of civilization, its birth and evolution. Man progresses, and this progress leads to the development of astronomical models. This enterprise starts mainly by creating accurate calendars that are necessary for the functioning of society, even if the society is not well developed or sufficiently organized. The right date for determining the time for seeding, and other agricultural operations, is of paramount importance to the human societies, and the use of accurate calendars requires correct observations of the motions of the Sun and Moon for very long periods. It also requires accurate recording of the observations and the deduction of appropriate laws, that is the periodicities which lead to the development of calendars. The Moon's orbit exhibits a complex and conciliar (synodic) period, the period of its revolution around the Earth with respect to the Sun, which is about 29.5 days, and necessitates a knowledge of advanced mathematics for its study. This problem – solving causes humans to develop. We do not exaggerate to say that all human civilization developed

because the solar year is not an integer multiple of the duration of the synodic lunar month. If this were the case, and the year lasted for 350 days and 35 months, or 70 days or 10 days, this would not need the use of complicated Mathematics, and humanity could have developed at a slower pace. We are lucky that Nature is often simple, but very often quite complicated. The moon exhibits a complex motion because the position of the plane of its orbit around the Earth changes periodically, by oscillating 5 degrees up and down off the plane of the ecliptic. The phases of the Moon (age of the Moon) reappear the same on the sky, with a different periodicity than the one of the eclipses, therefore they require the use of complex mathematics for the prediction of an eclipse and the place on Earth where it appears, where and whenever it is visible. The prediction of the eclipses urged humanity to develop science and Mathematics.

The movements of the planets are also quite complex, especially as viewed from Earth, which moves around the Sun with a different speed than the other planets. This issue becomes even more complicated, especially since every planet has a different angular and linear velocity. The ancient Astronomers discover complex periodicities, as the measurements of the positions of the planets accumulate from observations made over centuries. In order to discover periodicities they need multiple submissions for length, and long periodicities of the order of 18, 19, 54 and 76 years old, and also require astronomical observations and commentary, lasting for centuries, with some of them dating already from the prehistoric era.

From this extensive human interaction with the sky, the stars, the Sun, Moon and the planets, humans develop new instrumentation, allowing much more and much accurate measurements, which lead to the development of increasingly accurate astronomical models, whose aim is to describe nature in a more precise manner. The birth of the idea that there are laws of nature, therefore the notion of determinism in nature, is being developed due to the study of the movements of the Sun and Moon, the harmony within the motions of the stars and the planets, and leads ultimately to the development of science, philosophy, logic and civilization.

From the mathematical models developed by the Greeks, over the centuries of their history, we can know their perceptions regarding the interpretation of the natural world by the introduction of philosophy, and namely the sciences and Mathematics.

Astronomy has offered many fruits, from antiquity until our age, has led to the laws of physics discovered by Kepler and Newton, and continues today its longstanding evolution with incredible success, and for the benefit of humanity. Certainly, we would not possess the wonders of modern technology without the Space age. In the last 55 years of Space age, starting with the Sputnik mission (4th October 1957), the progress of humanity is booming in all fields. Today, our culture is based on the ancient Greek tradition of philosophy, and especially Natural philosophy. The tradition of the Antikythera Mechanism epitomizes all great aspects of the Hellenic civilization, since the design and construction of the Antikythera Mechanism requires the implementation of all components of

Greek philosophy, that thrived only because of the establishment and development of the empire of Alexander the Great, in whose bosom science, and philosophy in general, flourished.

Alexander, Babylon and Egypt

Alexander the Great, on his expedition and establishment of the Hellenic empire, was always escorted, as advisers, scientists and philosophers, who counseled them in all matters. These scientists collected scientific information for everything. They collected geographical data, in order to design good maps, information about plants and animals, old astronomical data and tables, among which we can assume the existence of lists for the eclipses and the planetary positions for centuries, as well as information on calendars. All this valuable information was recorded and sent back to Greece.

This scientific process continued by his successors after his death, and created a global scientific tradition for the benefit of science and human civilization. The Greek language becomes the common language of science and philosophy, and this facilitates the further development of the sciences and Mathematics. This is the era when the Hellenistic civilization is born. Egypt and its civilization has certainly contributed not only with her knowledge, but also in an unexpected way. The bureaucracy in this huge country, which Alexander releases from their cruel oppression of the Persians, becomes paradoxically one important factor that leads to progress. The Greek-Egyptian bureaucracy, whose function requires the registration of all products traded in the ports, and mainly in Alexandria, requires a huge number of people that are able to write “perform the math” to pay the taxes. To train all these people requires a vast amount of teachers and schools. This education system permits eventually to some individuals to be well educated, and to become scientists and philosophers. Many successors of Alexander perceive the usefulness of schools, namely the universities of that time. In this way, the Museum and the Library of Alexandria are born both as a concept, but also as buildings. The Library becomes very rich, as it is supplied with a copy of every book that exists on every ship that comes to anchor the port of Alexandria. The science is now based on the world heritage of Alexander the Great, and the city of Alexandria becomes the center of philosophy, and science, and Mathematics for centuries. This is the contribution of Alexander the Great to the global civilization.

The Legacy of Archimedes

Great advancements in technology and science have been achieved, to an extend, in Sicily at the time of Dionysius I or Dionysius the Elder (430 BC to 367 BC), tyrant of Syracuse (405 BC to 367 BC), who insisted to obtain the best military machinery, and established at Syracuse a science center. Dionysius decided and developed a center for establishing the development of martial technology, originally picking scientists, engineers, technicians, and artisans in order to design and construct the best war machines, catapults, siege engines, ships,

and many similar applications. Thus, he simultaneously contributed to the development of the Physical and Applied sciences. Archimedes, much later, developed its own work in a rich city, where technology and science were already known for centuries. His father, Phidias, was an astronomer and mathematician, and probably run a philosophical school. Archimedes is endowed by his father with all this knowledge, thus a gifted genius becomes eventually the greatest of all mathematicians. Archimedes, of course, is not only a student of his father. He visits the “great Cathedral of Science and Philosophy”, the city of Alexandria. He stays there probably for a short period, and is trained in such a way, so that he eventually becomes a well educated genius. Archimedes develops many technical applications, as we know from literature sources. His military technical applications have become legendary, as these allowed him to keep free his homeland, Syracuse. With his various and monumental inventions he keeps the Romans besiegers away from seizing the gates of Syracuse for a long period. Among other, we know that he designs and constructs mechanical clocks and two Spheres, that is two mechanical universes. It is worth mentioning that centuries later Heron gives us the definition of engineer as a person that [as Archimedes] can construct a mechanical universe. Based on our studies (the place and the time period where the eclipses are mentioned in the Antikythera Mechanism and have been observed using clocks) Archimedes runs a philosophical school [University], educating students, and his knowledge passes on to other worthy scientists which he educates. As it is shown by our study of the Antikythera Mechanism, its construction is based on measurements of Archimedes and his disciples, who continue his work for at least three decades centered around his death. This proves that Archimedes performed astronomical calculations using instruments and clocks, and his students continued this type of scientific research for long, and finally provided their measurements to another Greek scientist, an astronomer, somewhere around the Aegean, who constructs the Mechanism, which both predicts eclipses and is a mechanical cosmos.

Secrets of the Antikythera Mechanism

What secrets can a machine have; Why anybody would care to study an old artifact? What conclusions can yield a study of a mechanism forgotten by many, even though it carries a weird name, the “Antikythera Mechanism”? The first name of Antikythera’s Mechanism was “Antikythera’s Astrolabe”, back then when I was a kid and used to admire it in the National Archaeological Museum. The instrument carries similarities to the Sphere of Archimedes, also called planetarium, or Table (Pinax) by other ancient authors. The interest and love I had for this machine proved very effective, like any love, as love always retaliates. The study of the mechanism gave fruits for Greece, Humanity, the Hellenic and World history, the history of Astronomy, of Mathematics, Technology, Metallurgy, Chemistry, Engineering and Physics, Meteorology and Climatology, and even Astrophysics and Linguistics.

The study of the mechanism, performed by our scientific team at the University, is based on tomographies we took with a specially built machine, bearing the strange name “*BladeRunner*”, and which was designed and built by Roger Hadland and his colleagues, then owner of the high-tech X-tek Systems (now Nikon Metrologies). This is a

huge and heavy machine we brought from the UK, with total weight of 12 tons, and designed to penetrate within about 12 cm of copper. This invasive ability was an essential property demanded of a scanner who can reveal the secrets of this very ancient mystery.

A major surprise came by is reading the hours, months and years of eclipses in a spiral scale of 223 months of the Saros cycle, and of the 54 years period of the Exeligmos cycle. Even greater was our surprise, when Dr. G. Henriksson, an astronomer expert in ancient eclipses, and based on our readings of the hours, months and years of the ancient eclipses, computed the exact time, and mainly the place, where the observations have been performed, and which enabled the construction of the Antikythera Mechanism. Our surprise was enormous when we realized that all that the eclipses have been observed in Sicily, Syracuse, and we were even more surprised that several of these eclipses were observed at the time of Archimedes, while the rest of them was observed over a period of about thirty years after the tragic death of Archimedes by Roman soldiers.

This discovery is a great astronomical discovery, because it shows that the signature of the greatest scientists of all times, Archimedes, is on the Mechanism, and proves that Archimedes was an astronomer, and also run a philosophical school. We know, from ancient sources, that he constructed two astronomical instruments, a mechanical planetarium, and probably an automatic celestial sphere.

The World Heritage

Without the Hellenic world of Alexander, the greatest of all disciples of Aristotle, and without his personal contribution through his scientific advisers, modern science and today's civilization could not have existed. Sciences at the time of Eratosthenes, Euclid and Archimedes developed on the global canvas built by Alexander the Great's Hellenic World State. Without its existence, we have to stress the fact that science, as we know it today, could scarcely have been developed. Perhaps, its form would have been different from the one we recognize today.

Today's world is based on the discoveries of Greek scientists that flourished within the sciences in Alexandria, Syracuse, Rhodes, Seleucia, and the world of Alexander. The bits and bytes of your computer, or of your portable phone, have passed through Alexandria, and Syracuse, and Rhodes, and Seleucia, having as their roots Alexander's the Great contributions, and the Mechanism of Antikythera. Many of the newer discoveries rest on the shoulders of giants who, as Newton says, relied too. Among these are the huge shoulders of Alexander. The Universal culture, which is largely the Greek culture, and the European culture, is based heavily on Alexander and his world heritage.

Bibliography

- Berthelot, M. (1888). *Collection des Anciens Alchimistes Grecs*, Steinheil, Paris,
<http://www.rexresearch.com/alchemy5/berthelo.htm> <http://remacle.org/bloodwolf/alchimie/table.htm>
- Betegh, Gábor (2004). *The Derveni Papyrus: Cosmology, Theology and Interpretation*, Cambridge University Press,
- Bromley A.G. (1986). *Notes on the Antikythera Mechanism*, Centaurus, vol. 29, pp. 5-27.
- Bromley A.G. (1990a). *The Antikythera Mechanism*, Horological Journal, vol. 132, pp. 412-415.
- Bromley A.G. (1990b). *The Antikythera Mechanism: A Reconstruction*, Horological Journals July 1990, pp. 28-31.
- Bromley A.G. (1990c). *Observations of the Antikythera Mechanism*, Antiquarian Horology, No.6, vol. 18, Summer 1990, pp. 641-652.
- Chondros, Thomas G., 2009, *The Development of Machine Design as a Science from Classical Times to Modern Era*, in H.-S. Yan, M. Ceccarelli (eds.), *International Symposium on History of Machines and Mechanisms*, DOI 10.1007/978-1-4020-9485-9_5, Springer Science+Business Media B.V.
- Devevey, F., A. Rousseau, C. Vernou, P. Cauderlier, & C. Magister (2008). *The Astral Disc of Chevroches, Cosmology Across Cultures*, SEAC 2008, Granada,
http://www.iac.es/congreso/cac2008/pages/view_abstract.php?aid=7
- Devevey, F. (2009). *The zodiacal curved disc of Chevroches*, IAU–UNESCO Symposium 260, The Role of Astronomy in Society and Culture, 19 – 23 January 2009, UNESCO Headquarters, Paris, France,
<http://iaus260.obspm.fr>
- Efstathiou, K. A. Basiakoulis, M. Efstathiou, M. Anastasiou, J.H. Seiradakis, Determination of the gears geometrical parameters necessary for the construction of an operational model of the Antikythera Mechanism Mechanism and Machine Theory, 52, 219-231, 2012
- Engels Donald W., *Alexander the Great and the Logistics of the Macedonian Army*, University of California Press, pp194, 1980
- Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J.H., Tselikas, A., Mangou, H., Zafeiropoulou, M., Hadland, R., Bate, D., Ramsey, A., Allen, M., Crawley, A., Hockley, P., Malzbender, T., Gelb, D., Ambrisco, W. & Edmunds, M.G. (2006). Nature 444, 587.
- Freeth, T., Jones, A., Steele, J.M. & Bitsakis, Y. (2008). Nature 454, 614.
- Freeth, T. (2009). *Decoding an Ancient Computer*, Scientific American 301 (6): 76–83.
- Gibbon, Edward, (2009). *The Decline and Fall of the Roman Empire*, CRW Publishing Limited, Cirencester, United Kingdom.
- Henriksson, Goran (2009). *Ten solar eclipses show that the Antikythera Mechanism was constructed for use on Sicily*, The European Society for Astronomy in Culture 17th Annual Meeting, SEAC 2009. Alexandria Library, Alexandria, Egypt.
- Gourtsoyannis, E. (2010). *Hipparchus vs. Ptolemy and the Antikythera Mechanism: Pin–Slot device models lunar motions*, Advances in Space research, doi:10.1016/j.asr.2009.08.030, in press.
- Karkanis, Panagiotis, Nick Thompson, *Dating Palaeolithic sites in southwestern Crete, Greece*, „Journal of Quaternary Science, 26, 553–560, 2011
- Κουτσούκος, Μάριος, Ο Μέγας Αλέξανδρος και γεωπονική επιστήμη - Η επιστημονική πτυχή της εκστρατείας στην Ανατολή, 112 σελ. Εκδ.Οίκ. Σταμούλης Αντ. ISBN 960-8353-78-5, ISBN-13 978-960-8353-78-7, Αθήνα, 2005
- Laks André and Most, Glenn W. (editors) (1997). *Studies on the Derveni papyrus*, Oxford University Press, Great Clarendon Street, Oxford
- Laskaris, N., A. Sampson, F. Mavridis, I. Liritzis, *Late Pleistocene/Early Holocene seafaring in the Aegean: new obsidian hydration dates with the SIMS-SS method*, Journal of Archaeological Science, 38, 2475–2479, 2011
- Marchant, Jo, (2008). *Decoding the Heavens: Solving the Mystery of the World's First Computer*, Arrow Books Ltd
- Malzbender, T., D. Gelb, H. Wolters., (2001). *Polynomial texture maps*, in: SIGGRAPH 2001, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM Press/ACM SIGGRAPH, , pp. 519–528.

- Moussas, X., Seiradakis, J., Freeth, T., Edmunds, M., Bitsakis, Y., Babasides, G., Ioannidis-Vamvakas, D., Fasouloupoulos, G., Daniels, E. & Kriaris, D. (2007), *Communicating Astronomy to the Public*, IAU Commission 55 conference, 2007 (Athens). <http://www.communicatingastronomy.org/cap2007/abstracts.html>
- Moussas Xenophon, The Antikythera Mechanism, in *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom*, Editors: P. V. Kokkotas, K. S. Malamitsa, A. A. Rizaki, SensePublishers, ISBN: 978-94-6091-349-5, pp 113-128, 2010
- Moussas, X. *Antikythera Mechanism, PINAX, the first computer*, Hellenic Physical Society, Athens, Greece, 2011. 2012 (2nd ed.)
- Neugebauer, O., (1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Springer, Berlin.
- Orphic Hymns, The: Text, Translation and Notes* by A. Athanassakis, 1988, <http://www.sacred-texts.com/cla/hoo/> <http://remacle.org/bloodwolf/poetes/falc/orphee/hymnes.htm>
- Papathanasiou, 1978, *Cosmological and Cosmogonical Notions in Greece during the 2nd millennium BC*, PhD Thesis, University of Athens.
- Papathanassiou, Maria K. (2010). *Reflections on the antikythera mechanism inscriptions*, *Advances in Space Research*, doi: DOI: 10.1016/j.asr.2009.10.021
- Price Derek J. De Solla, (1955), *Clockwork before the Clock*, *Horological Journal*, pp. 811-813, December 1955, pp. 31-34 and January 1956, pp.31-34.
- Price, D. de Solla, (1974). *Gears from the Greeks. The Antikythera mechanism – A calendar computer from ca. 80 BC*, vol. 64, Part 7. *Transactions of the American Philosophical Society*, NS, Philadelphia.
- Rados, C. (1905). *Comptes Rendues International Archaeological Congress in Athens*: pp. 256-258
- Rados, C. (1910). *On the Antikythera Treasure, astrolabe, anaphoric clock, odometers*, Book, Athens.
- Rediadis P. (1903). *Der Astrolabos von Antikythera*, *Das Athener Nationalmuseum*.
- Rehm, A. (1907). *Philologische Wochenschrift*: cols. 467-470.
- Svoronos, J.N. (1903) *Die Funde, von Antikythera*, *Das Athener Nationalmuseum*
- Svoronos, J. N. (1907). *Das Athener Nationalmuseum*
- Stamatis, E. (1974). *Archimedes works* (in Greek), TEE publishing house, Athens.
- Theofanidis, J. (1934), *Sur l'instrument en cuivre, dont des fragments se trouvent au Musee Archeologique d'Athenes et qui fut retire du fond de la mer d'Anticythere en 1902*, *Praktika tes Akademias Athenon* 9: pp. 140-149.
- Thomas F. Strasser, Eleni Panagopoulou, Curtis N. Runnels, Priscilla M. Murray, Nicholas Thompson, Panayiotis Karkanis, Floyd W. McCoy and Karl W. Wegmann, *STONE AGE SEAFARING IN THE MEDITERRANEAN: Evidence from the Plakias Region for Lower Palaeolithic and Mesolithic Habitation of Crete*, *Hesperia: The Journal of the American School of Classical Studies at Athens*, 79, 145-190, (2010).
- Thomas F. Strasser, Curtis Runnels, Karl Wegmann, Eleni Panagopoulou, Floyd McCoy, Chad Digregorio, Tourloukis, Vangelis, *The Early and Middle Pleistocene Archaeological Record of Greece: Current*, Leiden University Press, 2011.
- Wright, M.T. (2002), *A planetarium display for the Antikythera mechanism*, *Horological Journal* 144 (5 and 6) pp. 169–173 193.
- Wright, M.T. (2003), *Epicyclic gearing and the antikythera mechanism*, Part I, *Antiquarian Horology* 27 (3) pp. 270–279
- Wright, M.T. (2005a). *The Antikythera mechanism: a new gearing scheme*, *Bulletin of the Scientific Instrument Society* 85, pp. 2–7.
- Wright, M.T. (2005b). *Epicyclic gearing and the Antikythera mechanism*, Part II, *Antiquarian Horology* 29 (1), pp. 51–63.
- Wright, M.T. (2005c). *Counting months and years: the upper back dial of the Antikythera mechanism*, *Bulletin of the Scientific Instrument Society* (87), pp. 8–13.
- Wright, M.T. (2006a). *The Antikythera mechanism and the early history of the moon-phase display*, *Antiquarian Horology* 29 (3) (2006), pp. 319–329.
- Wright, M.T. (2006b). *Understanding the Antikythera mechanism*. In: *Proceedings Second International Conference on Ancient Greek Technology*, Technical Chamber of Greece, Athens, pp. 49–60,
- Wright, M.T., Bromley, A.G., Magkou, E. *Simple X-Ray Tomography and the Antikythera Mechanism*, *PACT* 45 (1995). In: *Proceedings of the Conference Archaeometry in South-Eastern Europe*, pp. 531–543, April 1991.
- Zafeiropoulou M., Mitropoulos, P. (2009) *The Antikythera shipwreck, the treasure and the fragments of the Mechanism*, XXIII International Congress of History of Science and Technology, Ideas and Instruments in Social Context, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.

Πώς ο άνθρωπος συνέλαβε την ιδέα να φτιάξει ένα μηχανικό Σύμπαν;

Ξενοφώντα Διον. Μουσά,

Τομέα Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής, Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Αθήνα

xmoussas@phys.uoa.gr, xmoussas@yahoo.com, xmoussas@gmail.com τηλ 6978792891

Πώς τόλμησε να προβλέπει τι θα κάνουν οι θεοί του, διότι όπως μας λέει ο Πλάτων οι πρώτοι θεοί των Ελλήνων ήταν οι πλανήτες.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων αποτελεί την επιτομή της φιλοσοφίας, διότι για να φτιάξεις ένα μηχανικό σύμπαν, όπως είναι ο Μηχανισμός, χρειάζεται να έχεις αφομοιώσει την Ελληνική Φιλοσοφία, την φιλοσοφία των Ιώνων φιλοσόφων, και να την έχεις κάνει πράξη.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι το απαύγασμα της διδασκαλίας και αντίληψης των Πυθαγορείων, η οποία οδήγησε στην ακριβή διατύπωση των γνώσεών μας για το Σύμπαν με την μαθηματικοποίηση της κατανόησης του Κόσμου, της Φύσης, μαθηματικοποίηση στην οποία οδηγούμαστε αναπόδραστα, μέσω της παρατήρησης, των πειραμάτων, καθώς και της Πυθαγόρειας αντίληψης ότι η Φύση είναι αρμονική, με συμμετρία, ότι περιγράφεται με ακρίβεια μόνο με τα μαθηματικά, ότι υπάρχει αυτό που ονομάστηκε από τους Πυθαγόρειους Μουσική των Σφαιρών. Αντίληψη στην οποία οδηγήθηκε ο άνθρωπος με την παρατήρηση των περιοδικοτήτων των ουρανίων σωμάτων και όπως διαπιστώθηκε με κατάλληλα σχεδιασμένα και πραγματοποιημένα πειράματα που έγιναν με μουσικά όργανα και με μετρήσεις που οδήγησαν, μέσα από ανάλυση και τελική επαγωγική σκέψη, στην διατύπωση των νόμων της φυσικής.

Τέλος θα παρουσιασθεί σύντομα η θεωρία ότι ο άνθρωπος οδηγήθηκε στην αντίληψη ότι το σύμπαν μπορεί να γίνει κατανοητό με βάση το ίδιο και όχι τις δυνάμεις ή την βούληση των θεών μετά από παρατηρήσεις κομητών και μετεωριτών που έπεσαν στην Γη και τους οποίους μελέτησε και αντιλήφθηκε ότι τα άστρα είναι συμπυκνώσεις θερμών αερίων, δημιουργώντας έτσι θετικές επιστήμες και την φιλοσοφία.

How humans conceive the idea and eventually create a mechanical Cosmos?

Xenophon Moussas

Department of Astrophysics, Astronomy and Mechanics, Faculty of Physics

National and Kapodistrian University of Athens,

Panepistimiopolis, GR 15783 Zographos, Athens, Greece

e-mail: xmoussas@phys.uoa.gr, mobile +30 6978792891

How humans dared to anticipate what they could predict what their gods (celestial bodies), will do, because as Plato says, the first gods of the Greeks and humans in general were the planets and other celestial bodies.

The Antikythera Mechanism is the epitome of philosophy, because to build a mechanical universe, you need to have assimilated the Greek philosophy, the philosophy of the Ionian philosophers, the doctrine of Pythagoreans and to have put into practice.

The Antikythera Mechanism is the culmination of the teaching and understanding of the Pythagoreans, which led to the exact wording of our knowledge of the Universe with the mathematization of understanding the world, Nature, mathematization which leads inexorably, through observation, experimentation, and the Pythagorean idea that Nature is harmonious, symmetrical, that is described accurately only with mathematics, that is what was called by the Pythagoreans Music of the Spheres. Perception which humans developed observing the periodicity of celestial bodies, a perception that established performing well designed and realized experiments performed with musical instruments and other measurements that led, through appropriate analysis and inductive thinking to the formulation of the laws of physics using mathematics.

Finally we will present the theory that humans was led to the notion that the universe can be understood by terms of nature and not on the forces or the will of the gods, after observations of comets and meteorites that fell to Earth that humans had the opportunity to study and eventually conceived and realized that stars are hot gas concentrations, thus creating science and philosophy, changing human course.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, ο αρχαιότερος μηχανικός Κόσμος

Ξενοφώντα Διον. Μουσά, καθηγητή του Τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών, Τομέας Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής, Πανεπιστήμιο Αθηνών, xmoussas@phys.uoa.gr, xmoussas@yahoo.com, xmoussas@gmail.com, τηλ 6978792891

Το αρχαιότερο επιστημονικό τεχνούργημα

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι ασφαλώς ο αρχαιότερος υπολογιστής που γνωρίζουμε και το αρχαιότερο προηγμένης τεχνολογίας αστρονομικό όργανο και μηχανικό σύμπαν. Ανατρέπει όλα όσα πιστεύονται σχετικά με την έλλειψη ενδιαφέροντος των Ελλήνων για την τεχνολογία. Μοιάζει να είναι εκτός εποχής, ενώ στην πραγματικότητα είναι η επιτομή της Ελληνικής Φιλοσοφίας.

Ο σύγχρονος κόσμος και η σημερινή τεχνολογία βασίζονται ακριβώς στις ίδιες αρχές που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ο μηχανισμός, στους νόμους της φυσικής, στην αιτιοκρατία και την ικανότητα του ανθρώπου να κατανοεί την Φύση, να ερμηνεύει και να προβλέπει τα φυσικά φαινόμενα, να τα αναπαράγει και να τα χρησιμοποιεί για τις επιστήμες και την τεχνολογία.

Ο μηχανισμός των Αντικυθήρων σε έκδοση που έκανα στην NASA Canaveral κατά την εκτόξευση του διαστημοπλοίου Juno (Ηρα) που οδεύει προς τον Δία.



Επιτομή της φιλοσοφίας

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων αποτελεί την επιτομή της φιλοσοφίας, διότι για να φτιάξεις ένα μηχανικό σύμπαν, όπως ο Μηχανισμός, χρειάζεται να έχεις αφομοιώσει την Ελληνική Φιλοσοφία, την φιλοσοφία των Ιώνων φιλοσόφων, και να την έχεις κάνει πράξη. Η υπογραφή του Πυθαγόρα υπάρχει στον Μηχανισμό, όπου σε ένα από τα γρανάζια του είναι χαραγμένο το πεντάγωνο των Πυθαγορείων. Ο Μηχανισμός μοιάζει να είναι εκτός εποχής, ενώ στην πραγματικότητα, όπως έχω αποδείξει, είναι η **επιτομή της Ελληνικής Φιλοσοφίας**.

Ο Μηχανισμός είναι το απαύγασμα της διδασκαλίας και αντίληψης των Πυθαγορείων, η οποία οδήγησε στην ακριβή διατύπωση των γνώσεών μας για το Σύμπαν με την μαθηματικοποίηση της κατανόησης του Κόσμου, της Φύσης. Μαθηματικοποίηση στην οποία οδηγούμαστε αναπόδραστα, μέσω των πειραμάτων, της παρατήρησης καθώς και της Πυθαγόρειας αντίληψης ότι η Φύση είναι αρμονική, ότι περιγράφεται μόνο με τα μαθηματικά, ότι υπάρχει η *Μουσική των Σφαιρών*, όπως διαπιστώθηκε με κατάλληλα σχεδιασμένα και πραγματοποιημένα πειράματα που έγιναν με μουσικά όργανα και με μετρήσεις που οδήγησαν, μέσα από ανάλυση και τελική επαγωγική σκέψη, στην διατύπωση των νόμων της φυσικής. **Ο σύγχρονος κόσμος και η σημερινή τεχνολογία βασίζονται ακριβώς στις ίδιες αρχές της φυσικής, στην αιτιοκρατία και την ικανότητα του ανθρώπου να κατανοεί την Φύση, να ερμηνεύει και να προβλέπει τα φυσικά φαινόμενα, να τα αναπαράγει και να τα χρησιμοποιεί για τις επιστήμες και την τεχνολογία.** Ο σύγχρονος πολιτισμός και όλα τα σύγχρονα τεχνολογικά επιτεύγματα βασίζονται στις ίδιες αρχές που βασίζεται ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων και έχουν το υπόβαθρό τους σε αυτόν.

Η φιλοσοφία, η επιστήμη και η τεχνολογία αλλάζει τη ζωή του ανθρώπου ριζικά, ιδίως στη διάρκεια των τελευταίων τεσσάρων χιλιάδων ετών και δραστηριότητα στην διάρκεια των τελευταίων εκατό ετών. Όλοι μας σήμερα θεωρούμε δεδομένες όλες τις καθημερινές εφαρμογές της τεχνολογίας, νέες και παλαιές. Όλη η ζωή μας πλέον εξαρτάται από τεχνολογικές εφαρμογές που βασίζονται σε πολλές επιστημονικές εφαρμογές άγνωστες σε μας, όπως και σε μια παράδοση που φυσιολογικά την ξεχνάμε. Πώς ξεκίνησαν όμως όλα αυτά; Πώς αναπτύχθηκε η Επιστήμη και η Φιλοσοφία; Πώς φθάσαμε όμως στις σημερινές τεχνολογικές εφαρμογές; Πώς πήγαμε στο Φεγγάρι; Για να κάνουμε μια γρήγορη αναδρομή θα πρέπει να πάμε πίσω σε μυθικές προσωπικότητες όπως ο Διόνυσος, ο Ήφαιστος, ο Προμηθέας και ο Ορφέας και οι αξεπέραστοι γίγαντες του πνεύματος όπως ο Θαλής, ο Αναξίμανδρος, και ο Πλάτων ή ο Αρχιμήδης, στους ώμους των οποίων στηρίχθηκε και ο Νεύτων, όπως μας πληροφορεί ο ίδιος.

Ο Μηχανισμός και ένα παιδί

Το παράξενο αυτό αντικείμενο ασκούσε σε μένα ιδιαίτερη γοητεία από τότε που ήμουν μαθητής. Επειδή το σπίτι μου είναι κοντά στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο στην Αθήνα, όπου εκτίθεται ο Μηχανισμός, πήγαινα (και εξακολουθώ να πηγαίνω) συχνά, κυρίως τα καλοκαίρια και τις Κυριακές, να θαυμάζω τους πολύτιμους θησαυρούς και, συνήθως στο τέλος της επίσκεψης, θαύμαζα πάντοτε τον Αστρολάβο, όπως ονομαζόταν τότε ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, που ήταν στην τελευταία αίθουσα του Εθνικού Μουσείου, μαζί με τα ελληνιστικά, στην περίφημη Συλλογή Σταθάτου. Πάντοτε αναρτιόμουν τι να είναι αυτό το αντικείμενο με τα γρανάζια, που έμοιαζε να είναι άσχετο με τους άλλους θησαυρούς του Μουσείου. Η αρχαιολογία ήταν μια από τις αγάπες μου, τα μαθηματικά, οι μηχανικές κατασκευές και η αστρονομία οι μέγιστες αγάπες, και έτσι καθηλωνόμουν στον μηχανισμό αυτό που είχε την ονομασία *Αστρολάβος των Αντικυθήρων*. Απορούσα: αστρολάβος, τι σήμαινε, πώς λαμβάνεις άραγε άστρα με αυτόν; Αργότερα έμαθα ότι αστρολάβος είναι όργανο που λαμβάνεις τις θέσεις των άστρων στον ουρανό. Ήθελα λοιπόν να μάθω περισσότερα για τον μηχανισμό, να μάθω πώς λειτουργεί, πώς είναι φτιαγμένος, πού βασίζεται η λειτουργία του.

Το πιο βασικό ερώτημα που έθετα ήταν πώς ο άνθρωπος, συνέλαβε την ιδέα ότι μπορεί να προβλέψει φυσικά φαινόμενα που θεωρείτο ότι τα ρύθμιζαν οι θεοί, πώς σκέφτηκε να φτιάξει ένα μηχανικό σύμπαν, πώς το σχεδίασε, πώς το κατασκεύασε. Αυτό το σύνθετο ερώτημα το απάντησα τελικά βαθμιαία με τις μελέτες μας, τις αξονικές τομογραφίες και των μελετών των γραναζιών και των επιγραφών, του εγχειριδίου χρήσης του Μηχανισμού και των αρχαίων κειμένων.

Αυτό το ενδιαφέρον έγινε μια εμμονή. Είμαι βέβαιος ότι ο Μηχανισμός που με σαγήνευσε, που με μάγεψε, με οδήγησε να γίνω αρχικά φυσικός και στην συνέχεια αστρονόμος. Κάποτε που είπα αυτά σε σχετική ομιλία μου για τον Μηχανισμό, σε ένα διεθνές διαστημικό συνέδριο με πλησίασαν ένας γνωστός Αμερικανός διαστημικός επιστήμων, ένας από τους σημαντικότερους θεωρητικούς του διαπλανητικού διαστήματος και ένα Έλληνας αστρονόμος της Αμερικής και μου είπαν χωριστά ο καθένας, ότι και αυτοί οδηγήθηκαν από τον μηχανισμό να γίνουν επιστήμονες και να ασχοληθούν με τα διαστημικά. Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, συνεπώς είναι ένα θαυμάσιο εκπαιδευτικό εργαλείο και τον χρησιμοποιώ ως τέτοιο. Μέχρι σήμερα συχνά χρησιμοποιώ τον Μηχανισμό στη διδασκαλία της Αστροφυσικής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, αλλά και σε διαλέξεις ανά τον Κόσμο και ιδίως ανά την Ελλάδα σε Ελληνικά σχολεία, με εκθέσεις και άλλες εκδηλώσεις με επιτυχία.

Πάντα ήθελα να μελετήσω τον Μηχανισμό, και μάλιστα με σύγχρονα μέσα και το συζητούσα με φοιτητές μου. Έτσι ήλθε το πλήρωμα του χρόνου και αρχίσαμε να πραγματοποιούμε τις μελέτες μας χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνικές και μεθόδους που δεν ήταν διαθέσιμες παλαιότερα. Η ομάδα στην οποία δόθηκε η άδεια της μελέτης του Μηχανισμού αποτελείται από τον καθηγητή του ΑΠΘ και φίλο αστρονόμο κ. Γιάννη Σειραδάκη, τον επίσης καθηγητή αστρονόμο του Πανεπιστημίου της Ουαλίας στο Κάρντιφ κ. Mike Edmunds και εμένα από το Πανεπιστήμιο Αθηνών. Στον Δρα Tony Freeth δόθηκε άδεια κινηματογράφησης και έτσι προέκυψε το γνωστό καλογυρισμένο φιλμ που πραγματοποιήθηκε με ελληνικό προϋπολογισμό της ΕΡΤ. Από το Μουσείο συμμετείχαν η χημικός κ. Ελ. Μάγκου και η αρχαιολόγος κ. Μαίρη Ζαφειροπούλου.

Οι σύγχρονες μελέτες

Εμείς φέραμε ειδικά κατασκευασμένο αξονικό τομογράφο και τρισδιάστατη φωτογράφιση και τον μελετήσαμε διεξοδικά με επιτυχία και έτσι σήμερα έχουμε την πιο επιτυχημένη έκθεση στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο.

Η μελέτη μας του Μηχανισμού των Αντικυθήρων έγινε με τα καλύτερα διαθέσιμα σήμερα τεχνικά μέσα, που επιτρέπουν επιφανειακή τριδιάστατη φωτογράφιση και κυρίως τομογραφία με ακτίνες Χ, που ανέπτυξε για την περίπτωση η X-tek Systems (κ. Roger Hadland και οι συνεργάτες του), και επιτρέπει να δούμε κάθε λεπτομέρεια του μηχανισμού στο σκουριασμένο εσωτερικό του. Πραγματοποιήσαμε πολλές χιλιάδες φωτογραφίες της επιφάνειας με μέθοδο τριδιάστατης φωτογράφισης που είχε αναπτύξει η εταιρεία HP (PTM, κ. Tom Malzbender) και πολύ περισσότερες ακτινογραφίες, ένα σύνολο που ξεπερνάει το ένα TB δηλαδή 1000 GB, όσα περιέχουν μερικοί μεγάλοι δίσκοι ενός σημερινού ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Χρησιμοποιήσαμε ένα αξονικό τομογράφο που ανέπτυξε η εταιρεία X-tek-Systems με τον οποίο λάβαμε λεπτομερέστερες τομογραφίες όλων των τμημάτων του Μηχανισμού και ανασυνθέσαμε αυτό το τριδιάστατο αίνιγμα, που στην πραγματικότητα είναι τετραδιάστατο αν βάλουμε και τον χρόνο που αυτομάτως μπαίνει στην αναζήτηση της μορφής, της λειτουργίας και της πατρότητας του παράξενου μηχανήματος.

Το ναυάγιο και οι πρώτες μελέτες του μηχανισμού

Όταν, πιθανότατα το 1901 με 1902, πρωτοβγήκε από τη θάλασσα ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, όπου είχε μείνει 21 αιώνες, μιας και μας τον φύλαγε προσεκτικά ο Ποσειδώνας, αρχικά κάποιοι νόμισαν ότι ήταν παλιό ρολόι, αλλά όταν διάβασαν μέρος των αρχαίων επιγραφών όλοι πείσθηκαν ότι ήταν ένα αρχαίο αστρονομικό όργανο, πιο πολύπλοκο από κάθε γνωστό αστρολάβο. Δυο αξιωματικοί του πολεμικού ναυτικού, ο Π. Ρεδιάδης και ο Κ. Ράδος είναι οι πρώτοι που το μελέτησαν ήδη από το 1903-10. Ακολούθησε ο ναύαρχος Ι. Θεοφανίδης (δισέγγονος του απελευθερωτή μας Θεοδ. Κολοκοτρώνη) που έδειξε ότι ο Μηχανισμός μπορούσε να είναι ένα μηχανικό Σύμπαν, δηλαδή ένα πλανητάριο. Ο Derek de Sola Price, Αμερικανός καθηγητής Αγγλικής καταγωγής, με τον Χαρ. Καράκαλο, φυσικό στο Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών Δημόκριτος, συνέχισαν με επιτυχία το έργο του Θεοφανίδη, στους οποίους ο ναύαρχος είχε δώσει όλους τους φακέλους με τις μελέτες του, όπως με πληροφορεί ο εγγονός του Ιωάννης Θεοφανίδης, επίσης ναύαρχος ο οποίος μάλιστα έχει κάνει πάρα πολλές καταδύσεις στο ναυάγιο εκπαιδύοντας ΟΥΚ. Τις μελέτες του Θεοφανίδη αξιοποίησαν με επιτυχία ο Price, προχωρώντας περαιτέρω τις ιδέες και την έρευνα του ναύαρχου, βασισμένοι σε καλύτερες μεθόδους, με ακτινογραφίες (πιο σωστά ραδιογραφίες) που επέτρεψαν να δουν το εσωτερικό των σκουριασμένων τμημάτων του μηχανισμού με συσκευή που έφτιαξε ο αείμνηστος Καράκαλος. Οι ακτίνες γ που έβγαζε μια ραδιενεργός πηγή απεικόνισαν τα γρανάζια των οποίων τα δόντια μέτρησε η Αμαλία Καράκαλου, σύζυγος του φυσικού. Μετά από αυτούς πολλοί σημαντικοί έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον για τον Μηχανισμό, κυρίως μετά την δημοσίευση ενός εκλαϊκευτικού άρθρου του Price στο κορυφαίο ευρείας κυκλοφορίας επιστημονικό περιοδικό Scientific American. Αξίζει να αναφέρουμε ότι ο κορυφαίος επιστήμων Arthur Clark και ο μέγιστος φυσικός και βραβείο Nobel Richard Feynman έδειξαν πολύ μεγάλο ενδιαφέρον για το μοναδικό αυτό αντικείμενο. Την σκυτάλη πήραν στην συνέχεια οι Michael Write, Allan Bromley και η κ. Ελένη Μάγκου που χρησιμοποιώντας μια συσκευή αξονικής τομογραφίας που έφτιαξε ο Michael Write είδαν πολύ καλύτερα το εσωτερικό του Μηχανισμού και βελτίωσαν σημαντικότερα την μελέτη και την αντίληψη που είχε διαμορφωθεί με τις μελέτες των Θεοφανίδη, Price, Καράκαλου.

Πώς λειτουργεί ο Μηχανισμός

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων Ο Μηχανισμός λειτουργεί με προσεκτικά σχεδιασμένα και κατασκευασμένα γρανάζια με μικρά τριγωνικά δοντάκια. Τα γρανάζια εκτελούν συγκεκριμένες μαθηματικές πράξεις, καθώς κινούνται γύρω από άξονες. Η κίνηση των γραναζιών κινεί δείκτες που δίνουν τη θέση διαφόρων ουρανίων σωμάτων, του Ηλίου, της Σελήνης και πιθανώς των πλανητών. Δηλαδή ήταν το πρώτο μηχανικό Σύμπαν, το πρώτο Πλανητάριο. Ο Μηχανισμός είναι ένας πολύπλοκος ακριβής αναλογικός και ψηφιακός υπολογιστής, τα bit είναι τα δόντια των γραναζιών και τα byte είναι αυτά καθαυτά τα γρανάζια, δηλαδή έχουμε μεταβλητά

byte. Είναι δηλαδή ένας υβριδικός υπολογιστής, ψηφιακός και αναλογικός. Ο Μηχανισμός μοιάζει με παλιό ρολόι με δείκτες και κυκλικές, αλλά και ελικοειδείς κλίμακες και στις δυο όψεις του. Αυτό το αρχαίο αστρονομικό ρολόι έχει δυο όψεις. Είναι το αρχαιότερο επιστημονικό όργανο, το οποίο έχει κλίμακες.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι ένα εκπληκτικό μηχάνημα, που αποτελεί άριστο παράδειγμα νανοτεχνολογίας. Είναι φτιαγμένος με τρόπο που να φανερώνει ότι οι κατασκευαστές χρησιμοποίησαν προηγμένες τεχνικές που είχαν αναπτυχθεί στην διάρκεια πολλών αιώνων, ή και χιλιετηρίδων. Ο κατασκευαστής του που πρέπει να είναι κορυφαίος μαθηματικός, αστρονόμος και μηχανικός, συνεργάστηκε με τεχνίτες, μεταλλουργούς και μηχανουργούς και πιθανότατα και καλλιτέχνες, με ειδικό που έγραφε τις επιγραφές με τις οδηγίες (τα γράμματα είναι σχεδόν του τύπου, πολύ μικρά και καλλιτεχνικά γραμμένα). Ο μεταλλοτεχνίτης έχει χρησιμοποιήσει ειδικό κράμα χαλκού με κασσίτερο για τα γρανάζια που έχει προσθέσει και λίγο μόλυβδο (κάτι λιγότερο από 1%) ο οποίος δρα ως λιπαντικό, όπως παλιότερα ο μόλυβδος που βάζαμε στην βενζίνη των αυτοκινήτων, και μειώνει την τριβή ανάμεσα στα γρανάζια. Τα γρανάζια έχουν σκληρυνθεί με σφυρηλάτηση στα άκρα τους ώστε να μη καταστρέφονται εύκολα. Τα δόντια του Μηχανισμού είναι σχεδόν τριγωνικά. Είναι φτιαγμένα σαν ισόπλευρα τρίγωνα με ελαφρώς καμπυλωμένες τις πλευρές, για να γλιστράνε ευκολότερα. Κάθε δύο εμπλεκόμενοι οδοντωτοί τροχοί έχουν ελαφρώς άνισα δοντάκια ώστε να υπάρχει κενό και να μη σπάνε από την τριβή και την ροπή που ασκείται από την επαφή.

Μπορούμε άραγε να υπολογίσουμε πότε φτιάχθηκε ο Μηχανισμός; Οι αρχαιολόγοι από τα διάφορα αντικείμενα που βρέθηκαν στο ναυάγιο και ιδιαιτέρως τα νομίσματα προσδιορίζουν ότι το πλοίο μπορεί να βυθίστηκε μεταξύ το 60 με 80 π.Χ. Η καλύτερη χρονολόγηση του ιδίου του μηχανισμού δίδεται με βάση την μορφή των γραμμάτων του μηχανισμού, της γραμματοσειράς, όπως θα λέγαμε με σύγχρονη ορολογία, και ο αρχαιολόγος επιγραφολόγος και τέως διευθυντής του Επιγραφικού Μουσείου κ. Χαρ. Κριτζάς προσδιορίζει την εποχή της γραφής ανάμεσα στο 150 με 100 π.Χ.



Εικόνα . Ο Αρχιμήδης κατασκεύασε δυο μηχανήματα παρόμοια με τον Μηχανισμό των Αντικυθήρων που ονομάζονταν σφαίρες. Ο Αρχιμήδης κατασκεύασε πολλά αυτόματα μηχανήματα, ρολόι και όπλα και ένα μηχανικό Σύμπαν που ονομάζεται για πρώτη φορά Πλανητάριο. Από τα Μουσεία του Καπιτωλίου, Ρώμη

Λειτουργίες του Μηχανισμού

Στην μια όψη του Μηχανισμού τηρούνται πέντε πολύπλοκα πολυετή ημερολόγια, τα οποία μεταξύ των άλλων προσδιορίζουν τις κινητές εορτές των Ελλήνων, προσδιορίζουν πότε θα γίνουν οι Ολυμπιακοί αγώνες και προβλέπουν τις εκλείψεις Ηλίου και Σελήνης, την ημερομηνία και τη θέση που θα είναι ορατές πάνω στην Γη.

Οι εκλείψεις προβλέπονται με βάση την περιοδικότητά τους, την περίοδο του Σάρου, διάρκειας 223 μηνών ή 6585,3213 ημερών ή 18 ετών 11 ημερών και 8 ωρών και φαίνονται με δείκτη που κινείται σε ελικοειδή κλίμακα. Όταν στη διάρκεια ενός σεληνιακού μηνός αναμένεται έκλειψη Ηλίου ή Σελήνης αναφέρεται η ώρα που θα συμβεί. Οι προβλέψεις βασίζονται σε παρατηρήσεις του Αρχιμήδη και των μαθητών του που έγιναν στις Συρακούσες στη Σικελία, όπως αποδεικνύεται από υπολογισμούς του Goren Henriksson με βάση την ώρα της έκλειψης του Ηλίου που αναφέρεται στην ελικοειδή κλίμακα. Για την πρόβλεψη των εκλείψεων χρησιμοποιείται εκτός από του Σάρου η τριπλάσια περίοδος του Εξελιγμού, διάρκειας περίπου 54 ετών, η οποία αναφέρεται στο εγχειρίδιο χρήσης και πιθανότατα υπήρχε μικρή σχετική κυκλική κλίμακα. Συνεπώς μπορούμε να πιθανολογούμε ότι πνευματικός πατέρας, ή παππούς, του Μηχανισμού είναι ο Αρχιμήδης και κατασκευαστής του κάποιος νεώτερος π.χ. ο Ίππαρχος.

Στο εγχειρίδιο του Μηχανισμού αναφέρεται ο όρος σφαιρίον, π.χ. *Χρυσούν σφαιρίον* προφανώς για τον δείκτη του Ηλίου, και *...ουν σφαιρίον*, συνεπώς είναι βέβαιο ότι υπήρχε ένας δείκτης που κατέληγε σε χρυσή σφαίρα και μπορούμε να υποθέσουμε ότι είχε και άλλες σφαίρες για τους πλανήτες. Μερικές μικρές σφαίρες από ημιπολύτιμους λίθους που βρέθηκαν στο ναυάγιο και οι οποίοι θεωρείται ότι είναι πιόνια παιχνιδιού, ταιριάζουμε με τις περιγραφές των αρχαίων μηχανισμών που βρίσκουμε στην βιβλιογραφία:

... ΠΙΝΑΚΙΔΙΟΝ, ΟΠΕΡ ΛΟΓΟΣ ΕΡΜΗΝΕΥΣΑΙ ΟΥ ΔΥΝΑΤΑΙ, ΧΡΥΣΙΩ ΚΑΙ ΕΛΕΦΑΝΤΙΝΩ ΔΙΑΚΕΙΜΕΝΟΝ, ΕΧΟΝ ΑΣΤΕΡΑΣ ΕΠΤΑ, ΚΑΙ ΩΡΟΣΚΟΠΙΟΝ (ρολόι), ΗΛΙΟΝ ΚΑΙ ΣΕΛΗΝΗΝ, Ο ΗΛΙΟΣ ΚΡΙΣΤΑΛΛΙΝΟΣ, Η ΣΕΛΗΝΗ ΑΔΑΜΑΝΤΙΝΗ (σκληρό πέτρωμα), Ο ΛΕΓΟΜΕΝΟΣ ΖΕΥΣ ΑΕΡΙΝΟΣ, Ο ΚΡΟΝΟΣ ΟΦΙΤΗΣ, Η ΑΦΡΟΔΙΤΗ ΣΑΠΦΕΙΡΙΝΟΣ, Ο ΕΡΜΗΣ ΣΜΑΡΑΓΔΙΝΟΣ, Ο ΩΡΟΣΚΟΠΟΣ ΛΥΓΔΙΝΟΣ (μαρμάρινος).

Βλέπουμε τις ομοιότητες των περιγραφών των πλανητών με τους ημιπολύτιμους λίθους που βρέθηκαν στο ναυάγιο, και όπως έχω αποδείξει το γρανάζι D του Μηχανισμού θα μπορούσε να είναι τμήμα του μηχανισμού που δίνει την κίνηση σε ένα πλανήτη κι από τα γεωμετρικά δεδομένα εκτιμώ ότι ήταν για τον Δία ή τον Κρόνο (βλ. βιβλίο του Ξ. Δ. Μουσά, *Μηχανισμός των Αντικυθήρων*, έκδοση Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Αθήνα 2011 και 2^η έκδοση 2012, εξαντλημένες).

Η ύπαρξη του Μηχανισμού ενοχλεί πολλούς ξένους, ακόμη και Έλληνες, που αμφισβητούν την αυθεντικότητά του και την Ελληνικότητά του. Δίνω πάρα πολλές ομιλίες στην Ελλάδα και το εξωτερικό, και έχω κάνει πολλές επιτυχημένες εκθέσεις σε Μουσεία και Πλανητάρια, και πάντοτε στερεότυπη είναι μια ερώτηση που αμφισβητεί την ελληνικότητά του. Φυσικά η απάντησή μου είναι ότι ακόμη και στην Ανταρκτική ή την Σελήνη ή και τον Άρη, αν είχε βρεθεί πάλι Ελληνικός θα ήταν, όπως αποδεικνύει η γραφή του εγχειριδίου χρήσης του αρχαίου μηχανήματος που είναι γραμμένη στα Ελληνικά με χαρακτηριστικά γράμματα του 150 με 100 π.Χ., όπως συμπεραίνει ο κατ' εξοχήν ειδικός τέως διευθυντής του Επιγραφικού Μουσείου κ. Χαρ. Κριτζάς.

Πώς ονομαζόταν, όμως, κατά την αρχαιότητα ο Μηχανισμός; Τέτοια μηχανήματα κατά την αρχαιότητα ονομάζονταν αρχικά *Σφαίρες* και αργότερα *Πίνακες* ή *Πινακίδια*, όπως διαβάζουμε στα αρχαία κείμενα, δηλαδή ο μηχανισμός είναι το αρχαιότερο *tablet*, όσο και αν μοιάζει απίθανο.

Ποιος έφτιαξε τον Μηχανισμό

Ο μέγας μαθηματικός και μηχανικός Αρχιμήδης και ο σημαντικότερος αστρονόμος Ίππαρχος είναι πιθανότατα οι πατέρες του πολύπλοκου μηχανήματος που ονομάζουμε Μηχανισμό των Αντικυθήρων, πού ασφαλώς έλκει την καταγωγή από τον Θαλή, τον Οينوπίδη, τον Αρίσταρχο και άλλους γίγαντες της επιστήμης του αρχαίου κόσμου.

Στα βιβλία υπάρχουν περιγραφές του ρολογιού του Αρχιμήδη που έχει ομοιότητες με τον Μηχανισμό. Ξέρουμε επίσης από τα αρχαία βιβλία ότι ο Αρχιμήδης είχε φτιάξει δυο αστρονομικά μηχανήματα, το ένα ονομαζόταν πλανητάριο, που έδιναν τις θέσεις των ουρανίων σωμάτων στον ουρανό, Ο Μάρκελος που κατέκτησε τις Συρακούσες τις οποίες υπερασπιζόταν ο Αρχιμήδης σχεδόν μόνος του με τις εφευρέσεις του, με τις οποίες είχε κάψει τον Ρωμαϊκό στόλο με κάτοπτρα, που είχε καταστρέψει άλλα πλοία με αρπάγες, που έριχνε σιδερένια βέλη με επαναληπτικές βαλλίστρες, πήρε τα μηχανήματα του Αρχιμήδη μετά τον φόνο του τελευταίου από του Ρωμαίους και κράτησε το πλανητάριο για τον εαυτό του ενώ έδωσε την μηχανική Ουράνια σφαίρα στον Ναό της Εστίας (ή Αρετής) στον Καπιτώλιο στη Ρώμη.

Ο Μηχανισμός πιθανότατα φτιάχτηκε μερικά χρόνια μετά τον θάνατο του Αρχιμήδη. Ο Ίππαρχος από την Νίκαια είναι ένας ακόμη πιθανός κατασκευαστής του Μηχανισμού των Αντικυθήρων. Θεωρείται ο μεγαλύτερος όλων των Ελλήνων αστρονόμων, αν και εγώ εκτιμώ ότι ο Αρχιμήδης, όπως αποδεικνύεται από τις μελέτες μας, είναι σημαντικότερος αστρονόμος του Ιππάρχου.

Εικόνα Ο Ίππαρχος από την Νίκαια είναι πιθανός κατασκευαστής του Μηχανισμού των Αντικυθήρων, επειδή θεωρείται ο μεγαλύτερος όλων των Ελλήνων αστρονόμων.



Υπήρχαν και άλλοι μηχανισμοί;

Υπάρχουν περιγραφές ή αναφορές πλανηταρίων και παρόμοιων μηχανημάτων, κάποια από τα οποία ονομάζονται Πίνακες ή Πινακίδια, που δίνουν τη θέση των ουρανίων σωμάτων. Διαβάζουμε ότι ο Αρχιμήδης είχε φτιάξει δυο τέτοια μηχανήματα, ο Ίππαρχος είχε κάποιο παρόμοιο μηχανήμα, όπως και ο Ποσειδώνιος στη Σχολή του (Πανεπιστήμιο) στη Ρόδο. Στην Γαλλία στην πόλη Σεβρός οι αρχαιολόγοι βρήκαν ένα κυρτό δίσκο (disque de Chevroches) με ελληνικές επιγραφές των μηνών (Αιγυπτιακών και Ρωμαϊκών που χρησιμοποιούσαν οι Έλληνες) και των Αστερισμών του Ζωδιακού κύκλου, πιθανώς μέρος ενός ημερολογιακού μηχανισμού ή μιας σφαίρας. Επίσης στη Γαλλία βρέθηκαν μερικά ακόμη τμήματα παρόμοιων μηχανημάτων. Στην αρχαία Ελληνική Πόλη της Όλβιας στη Σαρδηνία βρέθηκε τμήμα ενός καλοσχεδιασμένου γραναζιού του

Γ' Αιώνα π.Χ., που ονόμασα γρανάζι του Αρχιμήδη, και το οποίο υποστηρίχθηκε αργότερα ότι ανήκει στο Πλανητάριο του Αρχιμήδη που ο Μάρκελος είχε πάρει και έχασε στην Όλβια στη διάρκεια εκστρατείας. Ο θρόνος του Χοσρόη ήταν επίσης ένα αυτόματο με ουράνια σώματα. Ο Μηχανισμός έχει ομοιότητες με ρολόγια όπως αυτό της Πράγας και της Βενετίας.



Εικόνα. Ο μηχανισμός της Σελήνης. Η Σελήνη ήταν ένα [αργυ]ρουιν σφαιρίον που περιστρεφόταν γύρω από δυο άξονες και άλλαζε φάσεις (Νέα Σελήνη, πρώτο τέταρτο, Πανσέληνος κ.λπ.) καθώς περιφέρεται γύρω από τη Γη με μεταβλητή γωνιακή ταχύτητα, όπως προβλέπει ο Β' Νόμος του Κέπλερ τον οποίο μιμείται με επιτυχία ο Μηχανισμός. Φωτογραφία και επεξεργασία με την μέθοδο PTM που ανέπτυξε ο Dr Tom Malzbender, HP.



Εικόνα. Το μεγαλύτερο τμήμα του Μηχανισμού με τον μεγάλο τροχό του Ηλίου που κινεί όλο τον Μηχανισμό, φωτογραφημένο και επεξεργασμένο με την μέθοδο PTM που ανέπτυξε ο Dr Tom Malzbender, HP. Δεν γνωρίζουμε τι είναι οι εγκοπές που εμφανίζονται πάνω στους τέσσερις βραχίονες. Ίσως κινούσαν τους πλανήτες, των οποίων η κίνηση περιγράφεται στο εγχειρίδιο χρήσης του Μηχανισμού

Εκθέσεις για τον Μηχανισμό των Αντικυθήρων

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων αποτελεί ένα θαυμάσιο ελκυστή των παιδιών στη Φιλοσοφία, τις Επιστήμες, τα Μαθηματικά, την Αστρονομία και την Τεχνολογία και τον χρησιμοποιούμε ως τέτοιο. Ο Μηχανισμός προσφέρεται σήμερα ως εκπαιδευτικό εργαλείο, έλκει τους νέους στην τεχνολογία, στις επιστήμες, φιλοσοφία, αρχαιολογία, μαθηματικά, την ιστορία, την γεωγραφία, και αστρονομία. Τον μελετούμε και τον χρησιμοποιούμε ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Τον χρησιμοποιούμε σε Σχολεία, Πανεπιστήμια και Εκθέσεις σε όλο τον Κόσμο σε εκθέσεις και διαλέξεις με άριστη προβολή της Ελλάδας και των αποτελεσμάτων μας.

Στην Έκθεση παρουσιάζονται σε 20 πανέλα με αφίσες, υπολογιστές με μοντέλα αλληλεπιδραστικά και φιλμ με

κινούμενα σχέδια. Στην έκθεση εκτίθεται, όποτε μας είναι διαθέσιμο, και ομοίωμα που έχει κατασκευάσει ο κ. Διον. Κριάρης, μαθηματικός και κατασκευαστής αρχαίων οργάνων. Η Έκθεση περιλαμβάνει δυο αλληλεπιδραστικά μοντέλα (κατασκευασμένα από τον Καθηγητή κ. Μάνο Ρουμελιώτη και την καλλιτέχνη κ. Αμαλία Πορλίγκη, προβάλλεται θαυμάσια σύντομη ταινία του κ. Νίκου Γιαννόπουλου και τριδιάστατες αλληλεπιδραστικές φωτογραφίες του κ. Tom Malzbender, HP). Η Έκθεση παρουσιάζεται σε 20 περίπου πανέλα διαστάσεων 70 X 100 εκατοστά, σε τρεις με οκτώ υπολογιστές και ένα DVD με μεγάλη οθόνη (όποτε είναι εφικτό).

Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές εκθέσεις ανά τον Κόσμο. Η παλαιότερη με τίτλο Θεοί, μύθοι και θνητοί: Ανακαλύψτε την Αρχαία Ελλάδα, στο Παιδικό Μουσείο του Μανχάταν, Νέα Υόρκη, ΗΠΑ, 2007 έως 2010, είχε 500 000 επισκέπτες. Ακολούθησαν πολλές εκθέσεις, όπως στην NASA Kennedy Space Center (Canaveral), Drexel University, στην Ευρώπη, όπως στα Εγκαίνια του Διεθνούς Έτους Αστρονομίας, IAU Symposium 260 και Έκθεση Τέχνης, UNESCO Headquarters, Paris, Γαλλία, 15-23/1/2009 με 1.000 επισκέπτες, στο Πλανητάριο Olsztyn του Αστεροσκοπείου Olsztyn όπου παρατηρούσε ο Κοπέρνικος στην Πολωνία, 06/5-20/9/2009, 10.000 επισκέπτες, στο 13ο Επιστημονικό Picnic της Πολωνικής Ραδιοφωνίας, και του Κέντρου Διάδοσης Επιστημών Κοπέρνικος, η μεγαλύτερη υπαίθρια εκδήλωση στην Ευρώπη για την προώθηση της επιστήμης, Βαρσοβία, Πολωνία, 30/5/2009 με 4.000 επισκέπτες, στο Αστρονομικό Ινστιτούτο Σλοβακικής Ακαδημίας Επιστημών, Tatranska Lomnica, Σλοβακία 01/10-07/11/2009, στο 34ο Συνέδριο της Πολωνικής Αστρονομικής Εταιρείας στο Ινστιτούτο Φυσικής του Πανεπιστημίου Jagiellonian, Κρακοβία, Πολωνία, 15/9-30/10/2009, με 350 επισκέπτες, στο XXIII International Congress of History of Science and Technology, Technical University, Budapest, Hungary, 2009, με 2000 επισκέπτες, Μουσείο Gustavianum, το Πανεπιστήμιο της Ουψάλα, Ουψάλα, Σουηδία, 31/1-26/4/2009 με 10.000 επισκέπτες (έκτοτε διπλασιάστηκε ο αριθμός επισκεπτών του Μουσείου), στο Μουσείο Cosmocaixa Βαρκελώνης, Ιανουάριο 2010, με 1000 επισκέπτες, αρκετές στην Ελλάδα όπως στο Συνεδριακό και Πολιτιστικό Κέντρο του Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 05-08/4/2009 2000 επισκέπτες, στο Ιωνικό Κέντρο, Αθήνα, Δεκέμβριο 2008 με Ιανουάριο 2009, με 3000 επισκέπτες, Πολιτιστικό Κέντρο Δήμου Ρεθύμνου Ρέθυμνο, 27-30/3/2009 300 επισκέπτες, στο Κρανίδι Αργολίδας, από 23/3/2009 με 500 επισκέπτες, στο 3ο Επιστημονικό Συμπόσιο: «Επιστήμη και Τέχνη» της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών και Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 12-15/10/2009 με 2,200 επισκέπτες στην 7ο Συνέδριο της Βαλκανικής Ένωσης Φυσικής στην Αλεξανδρούπολη, 9 -13/9/2009, με 500 επισκέπτες, το 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο για την Ερασιτεχνική Αστρονομία Αλεξανδρούπολη, Ελλάδα 25-27/9/2009, με 400 επισκέπτες, Συνεδριακό και Πολιτιστικό Κέντρο του Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, Ελλάδα, Απρίλιος 2009, Σκιάθο, Κέντρο Δήμου Σκιάθου, Σεπτέμβρης 2009, Σκιάθο, Λύκειο Σκιάθου, Ιανουάριος, Φεβρουάριος 2010, Σχολή Ελλήνων Παιδεία, Ρόδο, Νοέμβρης 2009, Σχολείο Χίου, ΕΚΦΕ Χίου, Δεκέμβρης 2009, Σχολείο Καλλιθέας, Δεκέμβρης 2009, Θέογνις, Πολιτιστικό Κέντρο Δήμου Μεγάρων, Φεβρουάριος 2010, Μουσείο Επιστημών και Τεχνολογίας Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 2010 (μόνιμη έκθεση), στο Πολιτιστικό Κέντρο Δελφών, Δελφοί, 27-31 Ιουλίου 2010 300 επισκέπτες, στα Κύθηρα, στη Λέσχη Αρχιπλοιάρχων στον Πειραιά με 150 επισκέπτες, στο θαυμάσιο Ναυτικό Μουσείο Κρήτης στα Χανιά με 1000 επισκέπτες, στην Αφρική στην Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας εγκαινιάστηκε την 30/11/2008 και εξακολουθεί με περισσότερους από 10.000 επισκέπτες, στο 7em Salon d 'Astronomie στην πόλη της Αλγερίας Κωνσταντίνη, Έκθεση στην πόλη Κωνσταντίνη, Αλγερία 30/10-1/11/2008 6.000 επισκέπτες έκθεση στο CRAAG, Centre de Recherche en Astronomie et Astrophysique, Geophysique, Αστεροσκοπείο Αλγερίου, Αλγερία εγκαίνια 2/11/2008, 500 επισκέπτες, στην φημισμένη Αμπέτσιο Ελληνική Σχολή στο Κάιρο, Αίγυπτο, στο Αρχαιολογικό Μουσείο Φλώρινας, Μόνιμη έκθεση εγκαινιάστηκε στις, 29/11/2008, στο φημισμένο Αβερώφειο, την Ελληνική Σχολή στην Αλεξάνδρεια, Αίγυπτο, σε μόνιμη έκθεση εγκαινιάστηκε στις, 29/11/2008 και πολλά σχολεία ανά την Ελλάδα.

Εκφράζουμε θερμές ευχαριστίες στο: Ίδρυμα Ιωάννου Φ. Κωστόπουλου για την ευγενική υποστήριξη των μελετών μας, στο Leverhulme Trust, το Υπουργείο Πολιτισμού και ειδικότερα τον τότε αναπλ. Υπουργό κ Πέτρο Τατούλη που έδωσε την άδεια της μελέτης του Μηχανισμού, το Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο (από τα οποία προέρχονται πολλές φωτογραφίες και ειδικότερα τον διευθυντή Δρα Γιώργο Κακαβά), τα Μουσεία Καπιτωλίου Ρώμης (φωτογραφία γλυπτού που αναφέρεται ότι είναι ο Αρχιμήδης), Πανεπιστήμιο Αθηνών, κ. Ι. Σεραδάκη, κ. Mike Edmunds, κ. T. Freeth, κ. Γ. Μπιτσάκη, κ. Ε. Μάγκου, κ. Μ. Ζαφειροπούλου, X-tek Systems, κ. Roger Hadland, HP, κ. Tom Malzbender, κ. G. Henriksson, κ. Μ. Ρουμελιώτη, κ. Μέμο Τσελίκας, κ. Χάρη Κριτζά, κ. Διονύση Κριάρη, κ. Μάρω Παπαθανασίου, κ. Κατερίνα Κοσκινά, κ. Φλώρα Βαφέα, κ. Ποτίτσα γρηγοράκου, κ. Πάνο Παπασπύρου, κ. Εύη Σαραντέα, κ. Λίζα Μανδαλιού (Λυκοπάντη Σταδιάτη), Κώστα και Γιώργο Παπούλια.

copyright 2014 των φωτογραφιών και εικόνων του Μηχανισμού των Αντικυθήρων που προέρχονται από τη μελέτη μας ανήκει στο Πανεπιστήμιο Αθηνών
copyright 2014 του κειμένου Ξ. Δ. Μουσάς

ΞΕΝΟΦΩΝ ΔΙΟΝΥΣΙΟΥ ΜΟΥΣΑΣ,

Καθηγητής Φυσικής Διαστήματος,

Τέως Διευθυντής Εργαστηρίου Αστροφυσικής,

Τέως Διευθυντής Πανεπιστημιακού Αστεροσκοπείου Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Τέως Συγκλητικός

Τέως Αντιπρόεδρος Τμήματος Φυσικής

Βραβείο NASA, 2009.

βραβείο American Geophysical Union, 2000.

Βραβείο *Ιππαρχος* του Οργανισμού *Αρκαδία*

Δημοσιεύσεις: 100 άρθρα σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά

Εκτεταμένο εκλαϊκευτικό έργο (όλα τα αστρονομικά και διαστημικά λήμματα της Εγκυκλοπαίδειας της Εκδοτικής Αθηνών).

250 ομιλίες

Εκπομπές στην τηλεόραση και ραδιόφωνο

Βιβλία

- Διαστημικής Φυσικής, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, 2003,
- Μηχανισμός των Αντικυθήρων, Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Αθήνα, 2011/2012.

Επέβλεψε είκοσι διδακτορικά, δεκάδες μεταπτυχιακά, διακόσιες πτυχιακές εργασίες.

Έρευνα: Πρωταγωνιστής της μελέτης του Μηχανισμού των Αντικυθήρων.

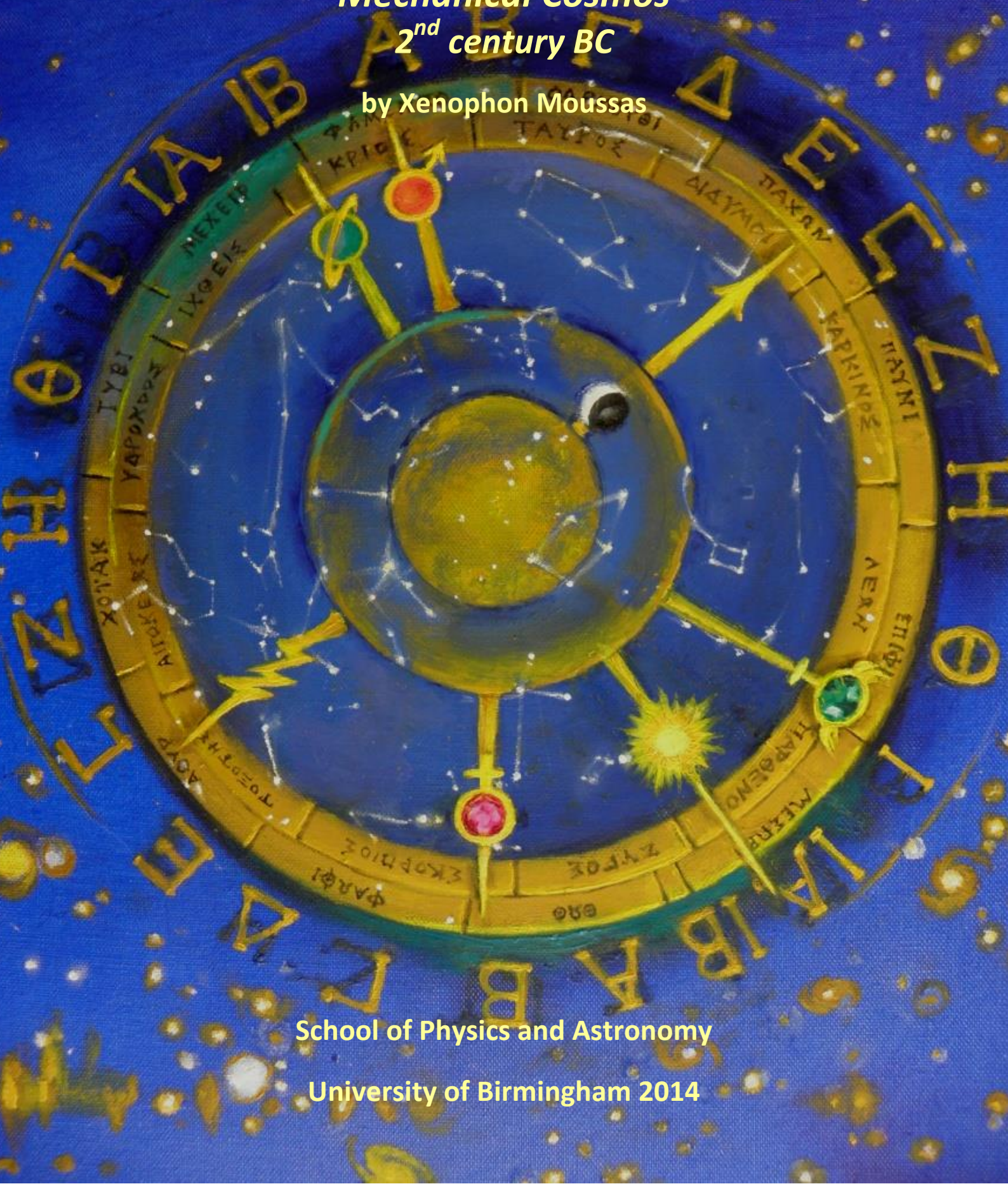
κοσμική ακτινοβολία, διαστημική φυσική, πλανήτες και δορυφόροι (Άρης, Κρόνος, Τιτάνας).

Διαστημικά πειράματα (NASA, STEREO WAVES, WIND, ESA, SOLAR ORBITER, Κρόνος, Τιτάνας), ATREMIS στις Θερμοπύλες.

Εκθέσεις: NASA (Canaveral, John F. Kennedy Space Center), UNESCO, Παιδικό Μουσείο Μανχάταν, Βιβλιοθήκη Αλεξανδρείας, Γουσταβιανό Μουσείο Ουψάλας, Αστεροσκοπείο Κοπέρνικου, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Μόναχο, Σλοβακία, Ενωμένο Βασίλειο, Πανεπιστήμιο Drexel, USA, Πορτογαλία, Αλγερία, Γαλλία, Πολλά Ελληνικά Σχολεία και Πανεπιστήμια.

Antikythera Mechanism
The oldest computer
and
Mechanical Cosmos
2nd century BC

by Xenophon Moussas



School of Physics and Astronomy

University of Birmingham 2014

The Antikythera Mechanism

The oldest computer and mechanical Cosmos

by Xenophon Moussas

Department of Astrophysics, Astronomy and Mechanics,
Faculty of Physics, School of Science,
National and Kapodistrian University of Athens
Panepistimiopolis, GR 15783 Zographos, Athens, Greece
xmoussas@phys.uoa.gr, xmoussas@gmail.com

*This booklet was commissioned by
the School of Physics and Astronomy, University of Birmingham
for the Antikythera Mechanism Exhibition.
The event was held on Tuesday 17 October 2014
as part of the School's Outreach Lecture series.*

*The booklet has been printed by the School of Physics and Astronomy,
University of Birmingham, and is distributed free of charge.*

The Antikythera Mechanism
The oldest computer and mechanical Cosmos

by Xenophon Moussas
Department of Astrophysics, Astronomy and Mechanics,
Faculty of Physics, School of Science,
National and Kapodistrian University of Athens
Panepistimiopolis, GR 15783 Zographos, Athens, Greece
xmoussas@phys.uoa.gr, xmoussas@gmail.com

All text Copyright © 2014 by Xenophon Moussas
All photographs and images Copyright © by the National and Kapodistrian University of Athens

Printed by the School of Physics and Astronomy, University of Birmingham

ISBN 978-0-7044-2845-4



Antikythera Mechanism painting by Mrs Evi Sarantea, now at the National Archaeological Museum, Athens.

Table of contents

Introduction.....	7
An ancient ship wreck full of treasures.....	12
Studies of the Mechanism.....	15
Recent studies.....	15
The “Ancient Kepler” 18 centuries before Kepler; Archimedes or Hipparchus?.....	17
Gears for calculations and modelling of natural phenomena	17
The functions of the Mechanism.....	19
Why do humans need calendars and knowledge of astronomy?	20
The user manual.....	22
Planetarium.....	22

Introduction

The Antikythera Mechanism (originally called Table or Tablet, ΠΙΝΑΞ, ΠΙΝΑΚΙΔΙΟΝ) is the oldest known advanced scientific instrument. It is a dedicated astronomical computer working with gears, constructed by Greek scientists during the Hellenistic period, probably around 150 to 100 BC (Ch Kritzas, priv. comm. 2006), somewhere in the Greek World. Its dimensions are approximately 32x22x5cm. The Antikythera Mechanism is one of the greatest discoveries of ancient artefacts globally, as it proves that humans conceived and constructed a Mechanical Cosmos much earlier than we believed. It also provides evidence of the long history of advanced technology and miniaturization, as the Mechanism is constructed with very small gears with teeth of the order of 2mm.

The Antikythera Mechanism is a calendar and an astronomical, meteorological, educational and cartographic device. It is the oldest analogue computer, the first known Mechanical Cosmos, probably a Planetarium and possibly an astronomical clock. It was made by Greek scientists, based on appropriate knowledge of astronomy, mathematics, physics, engineering and metallurgy.

The Mechanism is an **epitome** of Greek natural philosophy, as it models the universe using mathematics, following the Pythagorean doctrine that numbers determine everything and describe nature.

The Mechanism is made with carefully designed and cut bronze gears with triangular teeth, created to perform specific mathematical calculations with gear trains allowing the user to find the position of celestial bodies in the sky. Greek astronomers at the time modelled the motions of astronomical bodies with epicycles, like the Fourier series of today. The actual sizes of the gears have been optimised to minimize friction, give appropriate strength without breaking and work without bearings. Various alloys of copper with tin and a bit of lead were used. The gears are made of a harder alloy; the teeth are hardened. The plates of the Mechanism on which the text of the user manual is written are made of softer material. Special care has been taken regarding the design and material of axles and shafts, some co-axial, with variable cross section.



A bronze model of the Antikythera Mechanism, created by Mr Dionysios Kriaris, according to our data, now at the National Archaeological Museum, Athens.

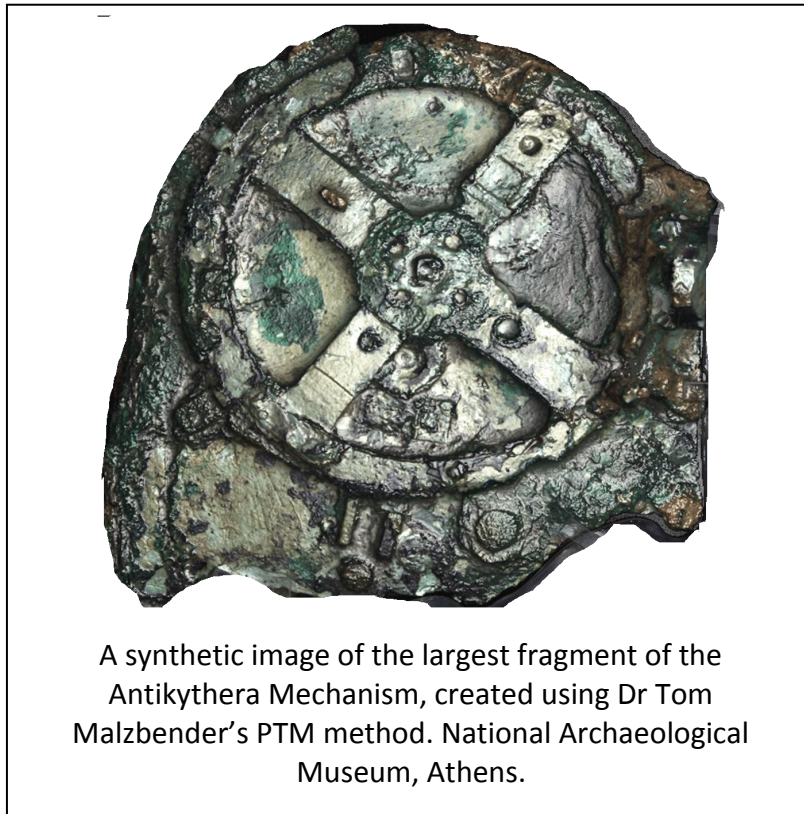
In brief, the Mechanism:

1. shows the position of the Sun,
2. shows the position of the Moon (including its phase),
3. predicts solar and lunar eclipses,
4. determines the date of important Greek Games and Festivities, the so-called Crown games: the Olympics, the Naan, the Pythian, the Nemean and the Isthmian.

Festivities enable people to mark the passage of time and have a functional calendar for agricultural and pastoral purposes, fishing and hunting, which was, and still is, essential for the survival of all societies. In these festivities the Greeks had not only athletics, as we assume based on our experience of modern Olympics, but also poetry, theatrical and musical competitions.

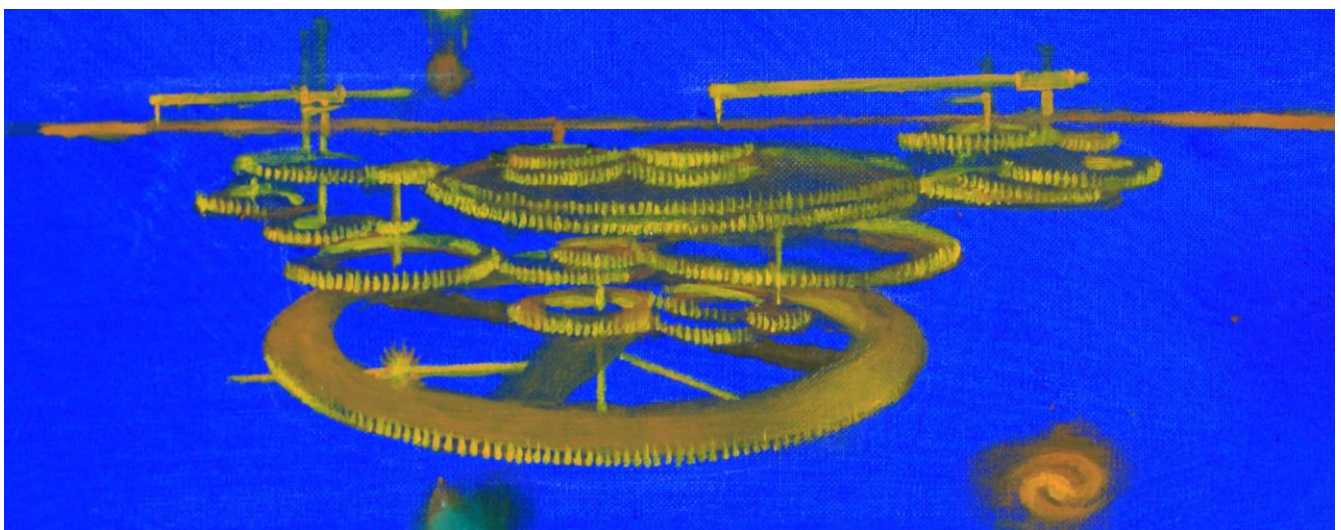
This wonderful scientific instrument is on display in the National Archaeological Museum in Athens, together with other treasures which were found in a large shipwreck (more than 300 tones) that probably sank between 80 and 60 BC. The ship was full of Greek treasures that were on the way to Rome.

The Mechanism was found near the small Greek island of Antikythera, at a depth of 45-60 meters by Symian sponge divers.

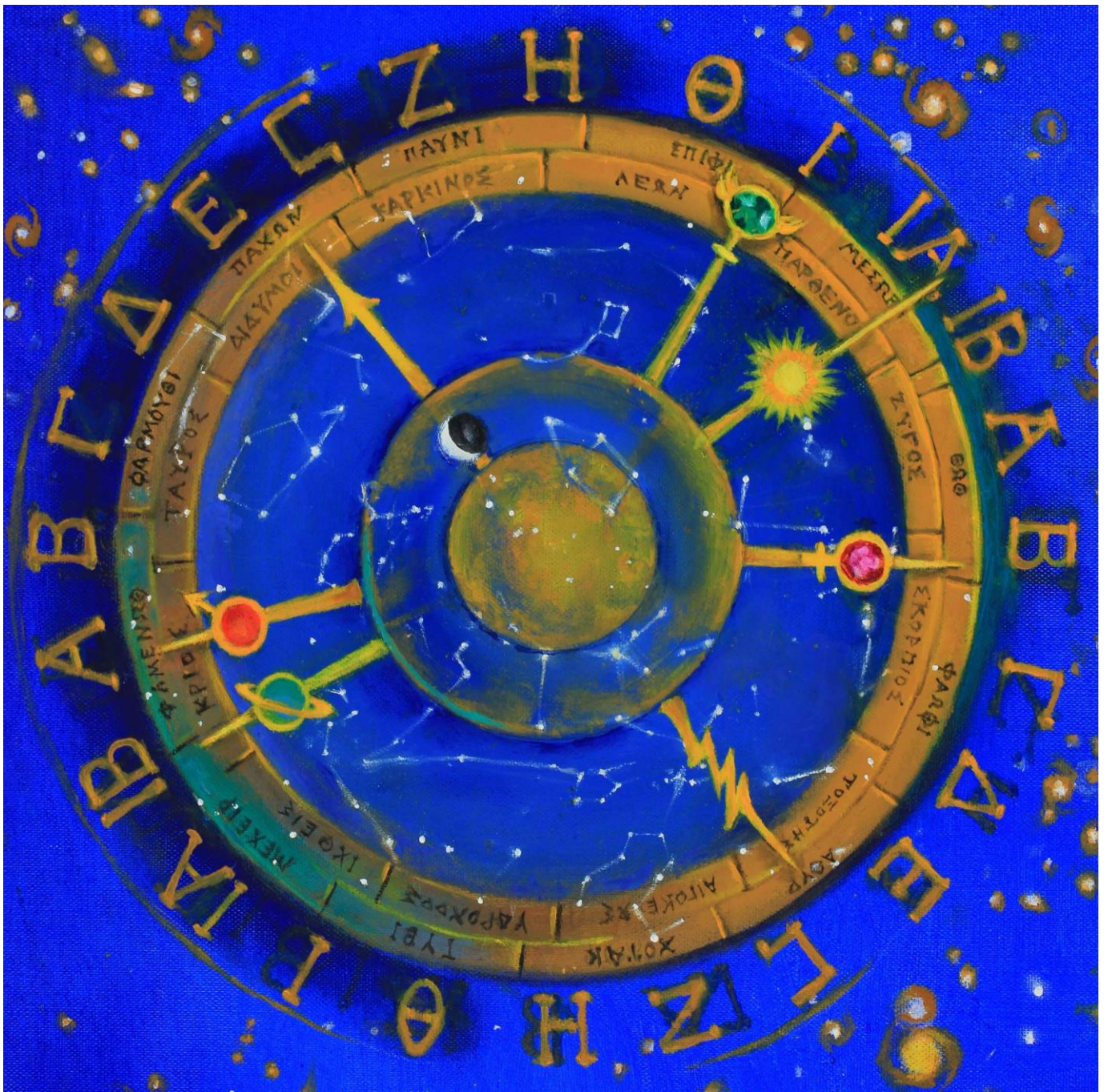


It is the only scientific instrument that has survived prejudice and the recycling of copper and bronze that were very valuable in ancient times. It is an astronomical instrument much more advanced than any astronomical clock appearing after the 14th century in Western Europe.

The Mechanism determines the position of the Moon using movement based on epicycles, initially developed by Apollonius and Hipparchus.



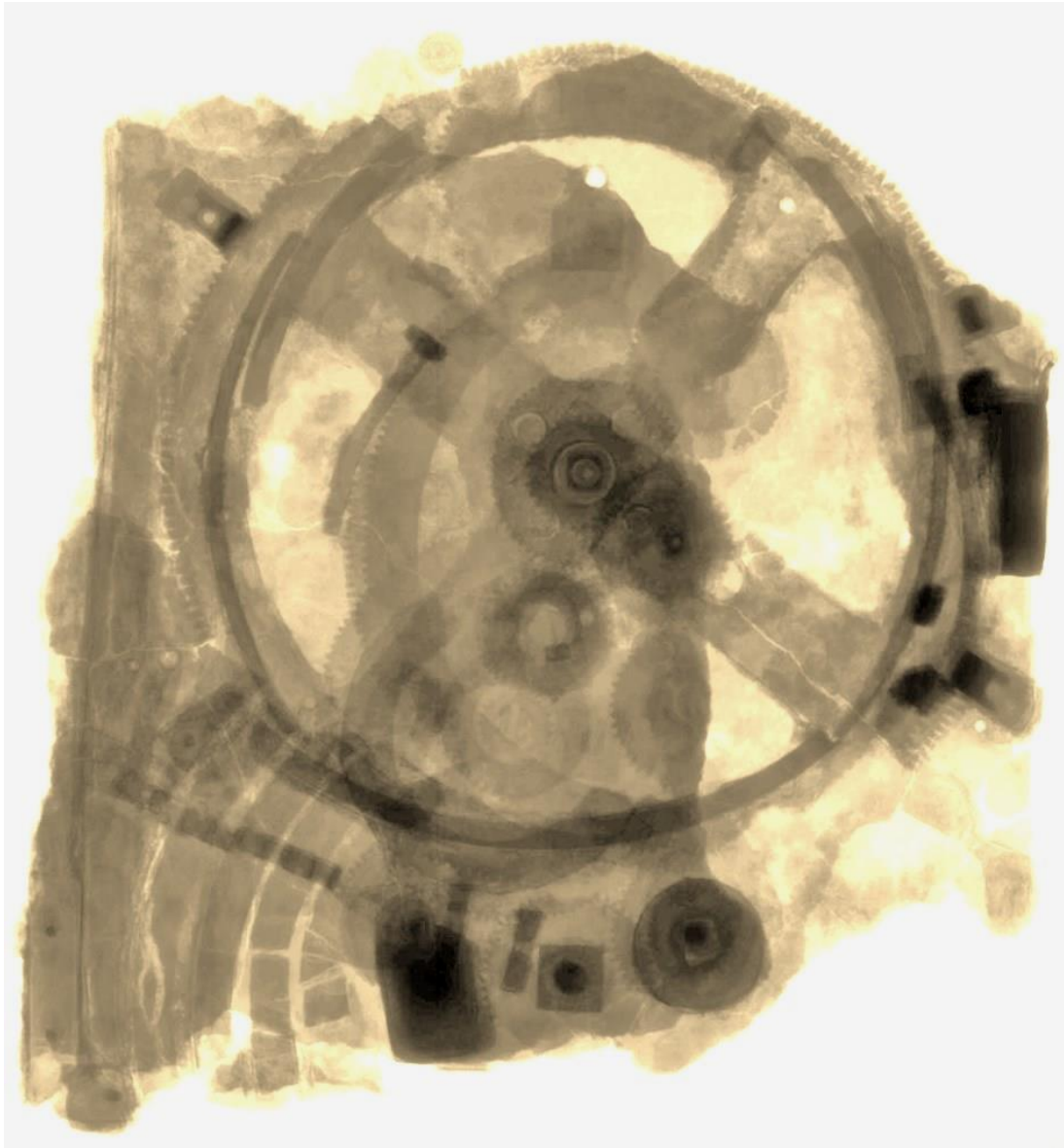
The gears, from the Antikythera Mechanism painting by Mrs Evi Sarantea, now at the National Archaeological Museum, Athens.



The Sun, the Moon and the planets, from the Antikythera Mechanism painting by Mrs Evi Sarantea, now at the National Archaeological Museum, Athens.

The Mechanism has its roots in the theories of Thales, Aristarchus, Apollonius, Eratosthenes, notably Archimedes and Hipparchus. These ideas were continued by Posidonius, Islamic astronomy, and most probably in the Byzantine era and later in the West after the 14th century.

Today the Antikythera Mechanism has a high educational value and we use it to attract new and especially young students. We have created several exhibitions and talks around the theme of the Mechanism and the history of Greek Science around the world. The study of the Mechanism draws on many disciplines, such as science, technology, mathematics, history, linguistics and philosophy, and this makes it a great attraction for students of all ages.



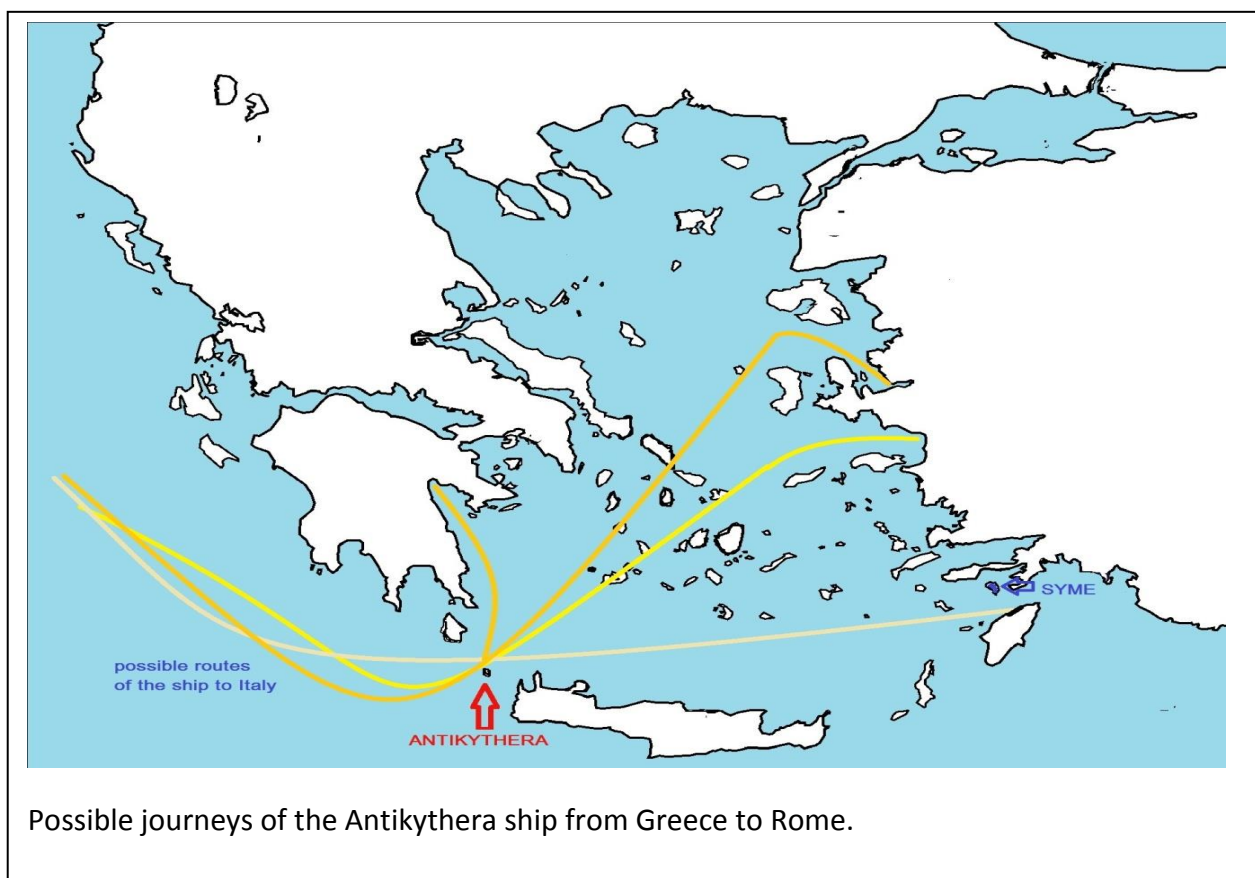
Radiograph of the largest fragment of the Antikythera Mechanism, revealing its structure.

An ancient ship wreck full of treasures

The Mechanism was found by Greek sponge divers sometime between 1900 and 1902 near the Greek island of Antikythera, halfway between Crete and Peloponnese, in a huge shipwreck from the 1st century BC. The ship was large, probably up to 60 m long (though according to some, perhaps only 10-12 m¹). It was a Greek or Roman merchant, cargo or even pirate ship.

Archaeologists infer from the cargo that the ship was on its way from Greece to Rome, as was very common, having visited several ports around the Greek seas. It is possible that the captain or ship owner was from Pergamon, as a “treasure” of coins found in the shipwreck, dated between 80 and 62 BC, came mainly from this important city.

The ship was on its way to Rome, full of Greek treasures, like the ones we find in museums, villas and palaces in Italy. These treasures were probably official war loot or merchandise meant for the Romans, some of them copies made especially for the Romans. This huge ship sank in the northern part of the small Greek island of Antikythera, between Peloponnese and Crete. This small island was, for a short period, a naval base of the Persians, so it was very well fortified, and at other times it was a pirate port, as it offered safe base and a very good castle.



¹ according to admiral J. Theophanides who dived there on several occasions (private comm. 2006, 2009)



Silver coins found in the shipwreck, most of them from Pergamon, which suggest that the ship's captain was based at Pergamon. National Archaeological Museum, Athens.

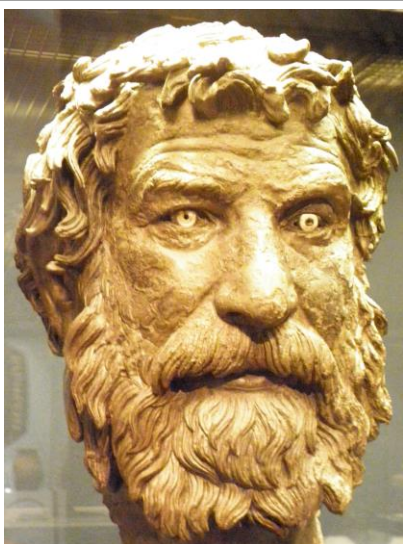


The sponge divers from the island of Syme perform the first undersea archaeological excavation to rescue all the treasures of the ancient ship, off the island of Antikythera. In the small boat, officials from the Ministry of Education and archaeology Professor Economou, of the University of Athens. Photograph from the warship Mycale that helped in the excavations, 1901.

The ship was on its way to Rome. Pliny the Elder, in his book *Natural History*², writes that Mummios filled up Rome with Greek statues. Originals and copies were brought from various Greek cities.

The ship was full of approximately one hundred marble statues: Apollo, Mercury, Ulysses and Diomedes with his horses, the gigantic Hercules (similar to the Farnese Hercules of the Naples Archaeological Museum, with many copies around Italy and elsewhere), two large statues made of bronze and a few smaller statuettes.

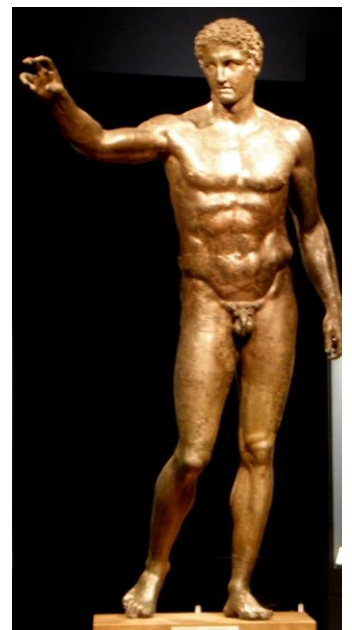
Treasures worth mentioning are the very handsome *Antikythera Youth*, probably the most beautiful bronze statue in any Greek museum. It depicts a young man holding something hanging off his hand, perhaps the head of the Medusa (hence Perseus). Also made of bronze is the very expressive *Antikythera Philosopher*.



The so-called Antikythera Philosopher, holding a pen in his hand, found in the ancient shipwreck, off the island of Antikythera, 1901. National Archaeological Museum, Athens.

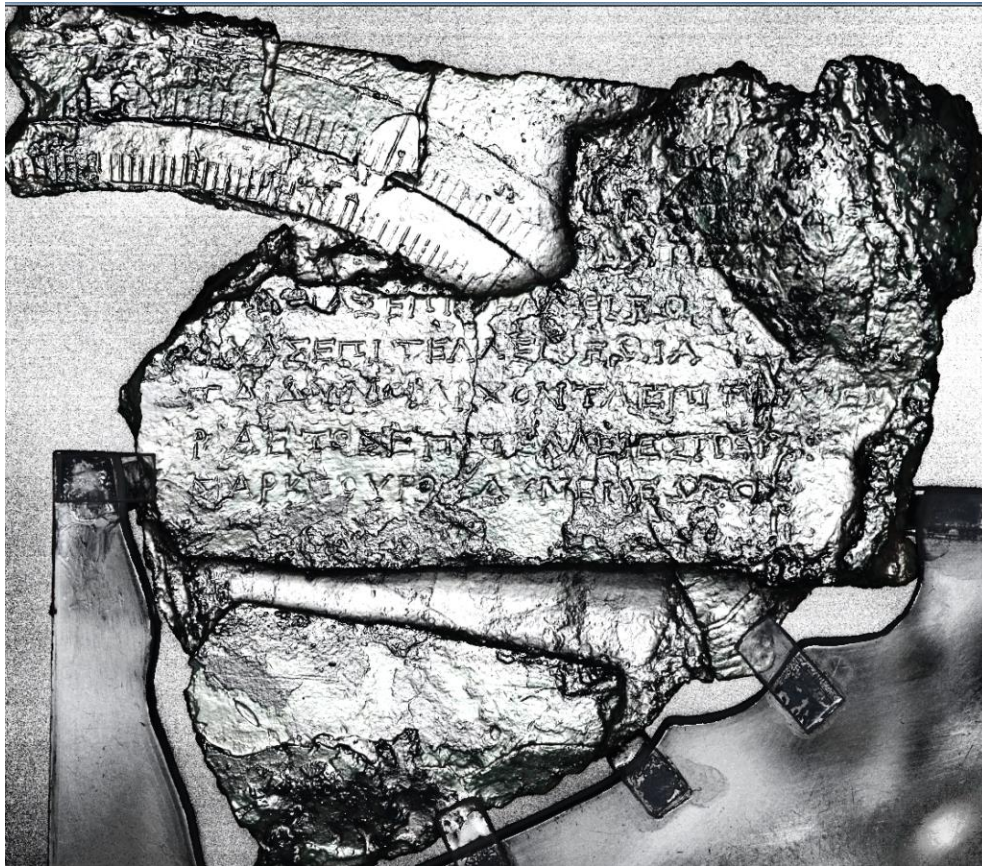
Together with these there was a small bronze lyre or guitar and the remains of a few beautiful sofas with nice bronze ornaments (with lions and ducks) fitted in the wood. I like to call these *Louis XIV sofas*; they continue a more than a millennium long tradition of sophisticated furniture, like the one found in prehistoric Thera (Santorini) in a cavity in the volcanic ash of the explosion of the early 17th century BC (based on radiocarbon estimations).

Amongst these treasures was a peculiar old clock-like object, covered with seaweed and sea creatures, corals etc., rusted with some gears underlying the calcified surface that the archaeologists and curators eventually managed to free from foreign substances. Some of the divers and archaeologists initially thought that the object was an old clock that had fallen off a contemporary ship, in the same place as the old shipwreck. The odd object had an inscription: it was part of the manual of the instrument, discovered on one of the surfaces, where they read “sun ray” (HELIOU AKTIS) written in Greek. This proved that it was an ancient astronomical device; several investigations of the object started that have lasted from 1902 till today.



The Antikythera Youth, a marvellous statue holding something hanging off his hand, perhaps the head of the Medusa (Perseus?) found in 1901, in the ancient shipwreck, off the island of Antikythera. National Archaeological Museum, Athens.

² *Natural History*, XXXIV, 36.



A synthetic image of fragment C of the Antikythera Mechanism, created using Dr Tom Malzbender's PTM method. Two concentric circular scales are visible, with the year divided into 365 days and a map of the sky with the zodiac divided into 360 degrees. In this image part of the manual of the Mechanism is written on a plate made of a soft alloy of copper. National Archaeological Museum, Athens.

Studies of the Mechanism

With the first investigations (around 1902 to 1910 and 1925 to 1930), it was obvious that the *astrolabe*, as some people initially called the complex instrument, was much more advanced than any known astrolabe. Some studies proposed much-elaborated models, including displays of the Planets. Rediades, Rados and Theophanides (all of them Greek Navy officers and eventually admirals) wrote a number of articles about it between 1903 and 1930. Theophanidis even constructed a bronze working model of an astronomical clock (that cost him his fortune) which displayed some of the planets. Some very intriguing results came with the advent of 3D X-ray studies by Price and Karakalos (Price, 1978) and later with tomography (Wright 2000).

Recent studies

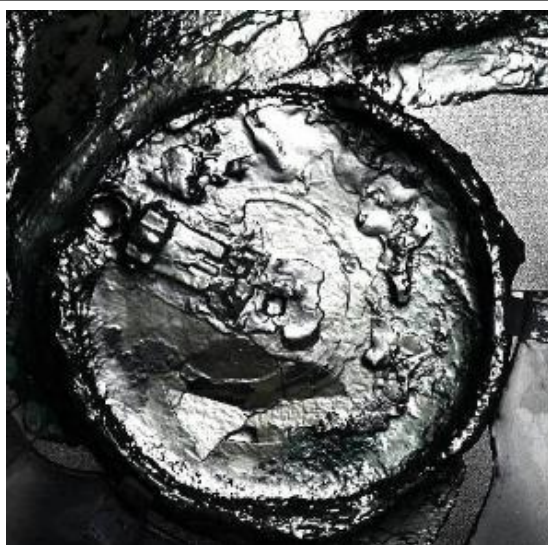
More recently, work has been carried out by a new team from the University of Wales at Cardiff, the Aristotle University of Thessaloniki, the National and Kapodistrian University of Athens and the National Archaeological Museum, Athens. The team has performed new

analyses, using nonlinear *microfocus* tomography and 3D photography, which have yielded many unexpected, intriguing and revolutionary results (see Freeth et al, 2006, 2008).

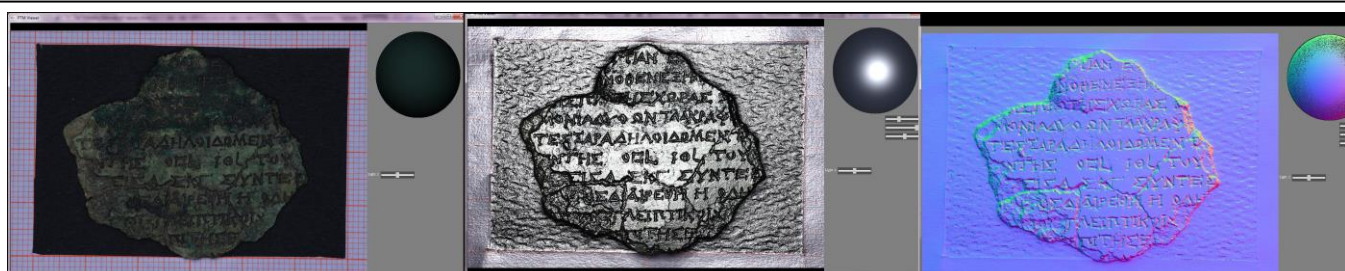
The most important findings are the discovery that the Mechanism predicts solar and lunar eclipses and models the complex motion of the Moon very realistically. The Moon in the Mechanism moves with a variable speed around the Earth following, to a good approximation, Kepler's second law.

We know from the ancient literature that Hipparchus (190 to 120 BC) and other astronomers, and possibly others before him like the Great Archimedes and Aristarchus, knew very well the variable speed of the Moon during the month and the eccentricity of the Moon's orbit around the Earth. In the Mechanism, the variable speed of the Moon is realistically translated into the motion of trains of gears using four identical

ones with two of them interlinked through a pin in a slot (first noticed, but not explained, by Rediades back in 1907).



The mechanism of the Moon, which predicts the position and phases of the Moon. A synthetic image of the largest fragment of the Antikythera Mechanism created using Dr Tom Malzbender's PTM method. National Archaeological Museum, Athens.



3D photographs of a fraction of the Mechanism that show what can be seen using the PTM method developed by Dr Tom Malzbender of HP. On the left we see the initial composite photograph, made of 40 normal photos. In the middle we have "taken off the rust" using mathematical and optical techniques, and on the right we display the normal vector perpendicular to the surface the object, which allows us to know the orientation of the surface.

In the Mechanism, the motion of the Moon is based on the mathematical model of epicycles, which is thought to have been developed by Hipparchus, although it is possible that the idea is even older. The pin-and-slot produces a sinusoidal variation in the speed of the Moon. Two of the gears have parallel but slightly offset axles, and one gear drives the other with the pin that enters into the slot of the other, giving in this way a variable torque during its rotation. In this way one gear drives the other at a variable speed and the Moon moves faster at perigee and slower at apogee, a fact that was well known to ancient astronomers, as we know from various old texts concerning the motions of the Moon, Sun and the planets. The offset of the axle is equal to the eccentricity of the orbit of the Moon around the Earth, and so accounts for the elliptical shape of the lunar orbit.

The “Ancient Kepler” 18 centuries before Kepler; Archimedes or Hipparchus?

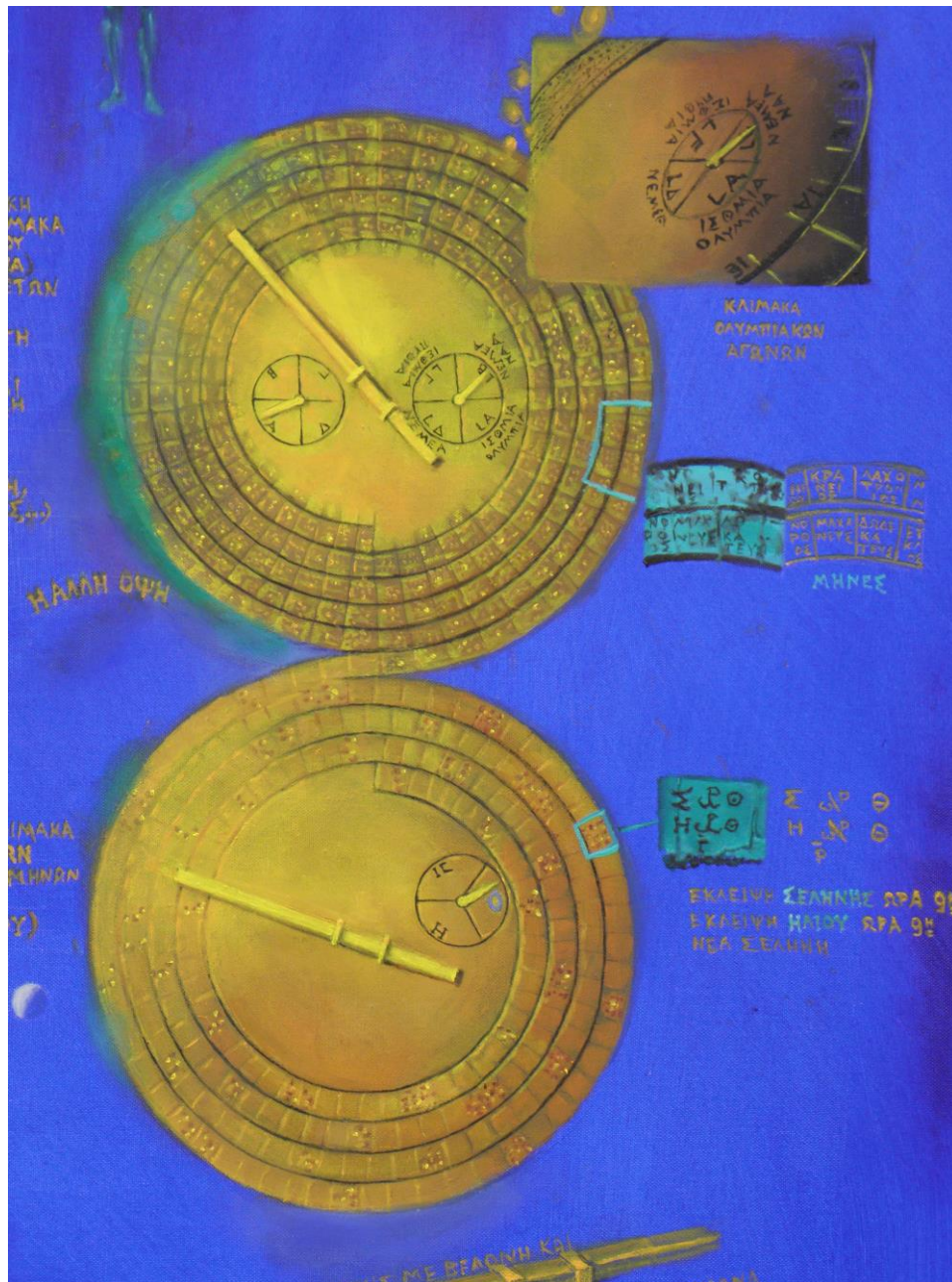
Who was the ancient astronomer who designed and constructed the Mechanism? We know Archimedes constructed two similar mechanisms, and other automata, like his astronomical clock, knowledge of which survives in several Arabic manuscripts (unfortunately the original Greek manuscript has been lost). It has been claimed that the measurements for the construction of the Mechanism were taken at Syracuse, Sicily at the time of Archimedes (Henriksson, 2009, based on our measurements). Some eclipses were measured there by astronomers using a clock before the death of Archimedes and many more after the Romans killed the great mathematician. This proves that Archimedes was also a great astronomer who performed measurements. We know that Archimedes constructed instruments that measured the angular diameter of some celestial bodies, and our recent studies prove that he had a philosophical school with disciples that continued to take astronomical measurements after his death. Perhaps his students sent the eclipse data in tables (and hence the name of the instrument *Tablet*) to other Greek astronomers, and one of them, perhaps Hipparchus, constructed the Mechanism, knowing of Archimedes' prototype.

Gears for calculations and modelling of natural phenomena

Based on Aristotle's texts, books by Heron of Alexandria and Pappus of Alexandria and references to Archimedes works “on [celestial] spheres”, it is evident that the Greeks used cylinders and gears in automata, such as mechanical universes, to perform automatic movements. Greeks used circles or spheres in mathematics to model several phenomena, in the way today we use Fourier series, or spherical harmonics. Turning circles allow us to perform geometric calculations using gears and this is the reason the Greeks had something of an obsession with using circles in their mathematical constructions and models. This is perhaps because they could translate the mathematical calculations to the motion of gears and construct mechanical models which performed the appropriate mathematical operations that modelled the position and phase of the Moon.

The invention of gears is very old and perhaps originates from the use of tangent cylinders, usually covered in leather to increase friction, which allows one turning cylinder to give motion to the other. Over the centuries, humans added wooden teeth to the cylinders, and during Greek times they developed this further, using bronze and various alloys for the gears and teeth, in constructions such as war machines.

Mathematical calculation could be performed using pebbles or holes in the ground, like the Aubrey holes of Stonehenge, or the megaliths. In the Mechanism, the calculations are performed using a train of gears which have the appropriate number of teeth to represent the correct fractions and ratios of integer numbers (Freeth et al, 2006).



The spiral scales of Meton's calendar, based on the phases of the Moon and the Olympic dial (top), the eclipses in the spiral scale of Saros (below). From the *Antikythera Mechanism*, painting by Mrs Evi Sarantea, National Archaeological Museum, Athens.

The functions of the Mechanism

The Mechanism works with carefully designed gears made of bronze³. These gears perform certain mathematical operations as they move around axles.

³ Like old electricity meters or ancient calculating machines used before the electronic era.

On side A of the instrument, two concentric scales with the zodiac and the solar year show:

1. the position of the Sun in the sky during the year, using a pointer with a little golden sphere,
2. the location and the phase of the moon during the month, using a little silver sphere that rotates around two axes.

The instrument probably also had pointers for the planets. From ancient texts, we know these pointers were made from valuable rocks and showed the positions of the planets with variable speed in a realistic way.

On side B of the instrument, pointers in four complex calendars predict:

1. solar and lunar eclipses, based on:
 - a. a period of Saros, lasting 223 months (spiral scale),
 - b. the larger period of Exeligmos lasting 54 years (small circular scale);
2. the reappearance of the moon with the same phase in the exactly the same position of the sky using:
 - a. the 19-year period of Meton, which is still used for the Christian Greek Orthodox Easter (spiral scale),
 - b. the Callippic period of 76 years (small circular scale);
3. the years of the Crown Games: Olympic, Nemean, Pythian and Isthmian (small circular scale).

The Mechanism was probably a self-powered clock with continuous movement. We base this hypothesis on many ancient texts that describe similar mechanical Universes, planetaria and the astronomical clock of Archimedes. The original name of the instrument was *Sphere* (of Archimedes) and later it is called Table or Tablet [ΠΙΝΑΞ and ΠΙΝΑΚΙΔΙΟΝ].

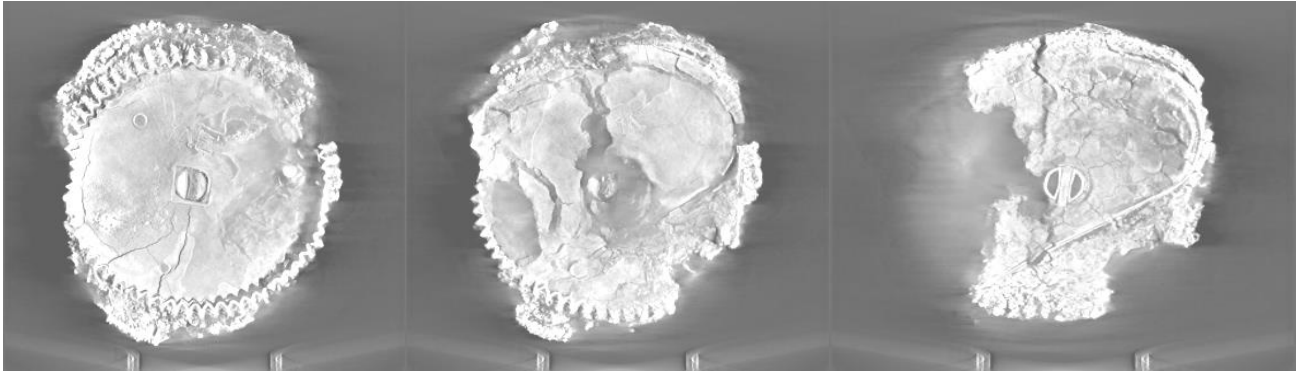
Why do humans need calendars and knowledge of astronomy?

From very early in prehistory humans understood that their lives depended on food gathering, hunting and fishing, and later on agriculture and planting. These activities depend on the length of the day, the position of the rising sun on the horizon and the phases of the moon. Humans gradually developed calendars related to the sun for agriculture and to the moon for fishing and hunting.

Humans soon realised that the tropical year (365.25 days) is not a multiple of the lunar month (29.5 days). For lunisolar calendars to work well they needed more complicated mathematics to allow them to combine cycles of months and years.

They realised that the planets were also useful for measuring time. Venus was an especially good indicator of time because it is one of the brightest objects in the sky and has several characteristic periods as seen from Earth.

A synodic period is the time it takes for a planet to reappear in the same position in the sky as seen from the Earth. Five synodic periods of Venus is equal to 8 years (equal to 99 months of the ancient calendar, or two Olympiad periods). Therefore Venus becomes a very useful planet to observe in order to measure an 8 year cycle in a lunisolar calendar. Many early societies and civilizations used such a calendar.



Planetary gear. A gear inside a concave gear can reproduce the motion of a planet. A gear inside a hollow gear can move tangentially to the outer gear and give an epicyclical motion of a planet. From the relative gap between the inner and outer gear we can calculate that it was probably made for Saturn, located 10 times further from the Sun than the Earth. Notice the coil that turns the gear.

Venus was also associated with women and childbirth as two of its phases around the sun last exactly 9 months, equal to the pregnancy period.

The ability to observe the sky and to use these observations to predict when to carry out important activities, such as plowing, sowing seeds, starting sea journeys, was very important and gave power and prestige to those that had it. Correctly predicting astronomical phenomena gave power and admiration. The study of all astronomical phenomena became even more important as some societies believed that all astronomical events affected their lives.

Eclipses in particular were important as humans became scared when the sun or the moon disappeared. Eclipses were studied because they were seen as bad omens. The course of history has changed several times due to an eclipse. Humanity might have been completely different if Athenians had not been afraid of a lunar eclipse, and had not refrained from being engaged in the battle against the Spartans, the Peloponnesians and Syracusians. The war was won by the Peloponnesians who were persuaded by a Syracusan astronomer that the lunar eclipse is a natural phenomenon. To predict an eclipse gives significant power.

The user manual

The Mechanism has a user manual with instructions, like any good instrument or computer. The manual has a mechanical section and an astronomical section. The instructions are written on every available surface of the brass plates of the cover.



Part of the manual of the Mechanism, written on plates made of a soft alloy of copper. It states the laws of nature (periodicities) used to predict eclipses and the phases of the Moon. A synthetic image created using Dr Tom Malzbender's PTM method. National Archaeological Museum, Athens.

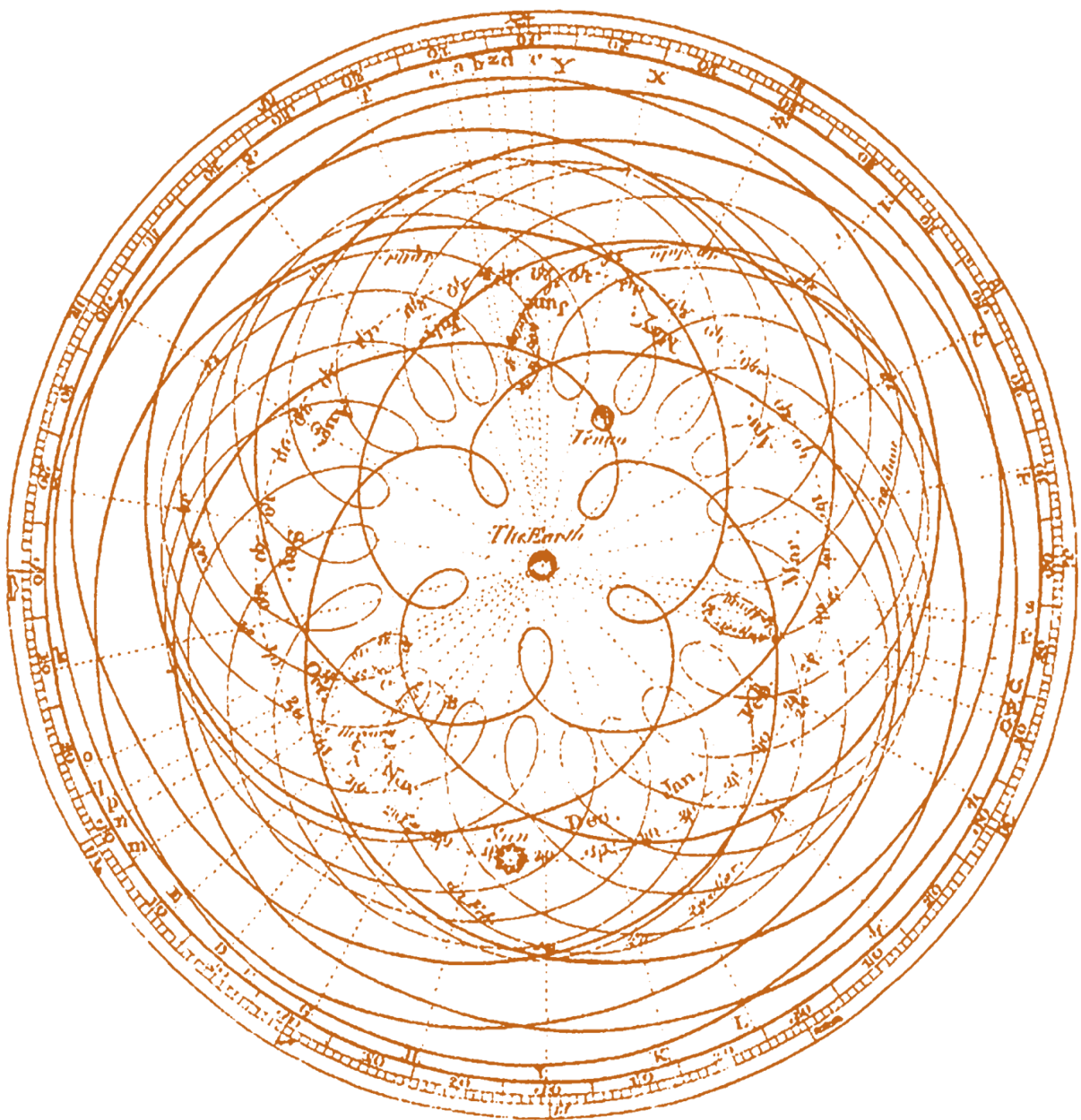
The manual has many astronomical terms and references, in particular to the movement of planets, especially to the stationary points of a planet as seen from Earth.

It gives the periodicities of celestial phenomena, like the eclipses, i.e. the laws of physics the designer and the constructor of the instrument have used to make it.

There are indications that the manual includes instructions for taking astronomical measurements, like the altitude of a celestial body (the Sun), or the angular distance of the moon to a certain star, which can help to estimate the longitude of a place, provided you have appropriate tables (hence the name of the Mechanism in antiquity: *tablet*).

Planetarium

It is almost certain that the instrument was a planetarium. It has many references to all the planets by name. In ancient Greek and Latin texts there are several descriptions of similar mechanisms which model the motions of the planets, which according to Cicero moved “neither with constant speeds, nor random”. In other texts we are informed that these instruments, called *Tables* or *Tablets*, give the perigee and apogee of the Moon, the Sun or a planet.



The planetary gear produces the motion as seen from Earth, like the ones depicted in this image from Encyclopaedia Britannica, 1777.

Acknowledgements

Thanks are due to The J. F. Costopoulos Foundation for generous support, The Leverhulme Trust, the National and Kapodistrian University of Athens, The National Archaeological Museum, Athens, Greece. The Alexander S. Onassis Public Benefit Foundation and The Eugenides Foundation are equally acknowledged. Special thanks are due to Dr. Petros Tatoulis, the ex Deputy Minister of Culture of Greece who gave the permission to study the Mechanism against all. Many thanks to the team: Prof. John H Seiradakis, Prof. Mike Edmunds, Dr Tony Freeth, Mr Yanis Bitsakis, Dr Helen Magkou, Mrs Mary Zafeiropoulou, HP, Dr Roger Hadland and X-tek Systems and his team, now Nikon Metrologies, Dr Tom Malzbender and HP and his team, Dr Agamemnon Tselikas, Dr Andrew Ramsey, Mr Dionysis Kriaris, Dr Charis Kritzas, Prof. Manos Roumeliotis (for the simulation), Mr Nikos Giannopoulos (for the excellent film), Mrs Amalia Porligou (for the simulation), Dr George Kakavas, Dr Michael Wright, Dr Goran Henriksson, Dr Maria Pavlidou, Dr Howard Wright, Ms Lynne Long, Mr Stuart Blakemore, Mr Alaric Thompson, Dr Sillas Hadjiloucas, Mr Julian Deeks, Mr David Clay, Mr Alexander Hasthorpe, Dr Flora Vafea, Mr Panos Papaspirou, Prof. Maro Papathanassiou, Mrs Liza Mandalidou-Stadiati, Mrs Katerina Koskina, Prof. Magda El-Noweimy, Dr Potitsa Grigorakou, Mr Costas Xenikakis, K. and G. Papoulia, The Archaeological Museum of Piraeus, the Archaeological Museum of Chania, the Archaeological Museum of Syros, the Archaeological Museum of Karditsa, the Vatican Museums, The Institute of Physics, The Ogden Trust, Wikimedia and Wikipedia. Special thanks are due to Mrs Evi Sarantea for permission to use details of her painting of the Antikythera Mechanism, now at the National Archaeological Museum, Athens.

Bibliography

Ancient Greek texts, mainly Heron's, Diodorus of Sicily, various editions including the Thesaurus Linguae Graecae.

Berthelot, M. (1888). *Collection des Anciens Alchimistes Grecs*, Steinheil, Paris,
<http://www.rexresearch.com/alchemy5/berthelo.htm>
<http://remacle.org/bloodwolf/alchimie/table.htm>

Betegh, Gábor (2004). *The Derveni Papyrus: Cosmology, Theology and Interpretation*, Cambridge University Press.

Bromley A. G. (1986). *Notes on the Antikythera Mechanism*, Centaurus, vol. 29, pp. 5-27.

Bromley A. G. (1990a). *The Antikythera Mechanism*, Horological Journal, vol. 132, pp. 412-415.

Bromley A. G. (1990b). *The Antikythera Mechanism: A Reconstruction*, Horological Journals July 1990, pp. 28-31.

Bromley A. G. (1990c). *Observations of the Antikythera Mechanism*, Antiquarian Horology, No. 6, vol. 18, Summer 1990, pp. 641-652.

Chondros, Thomas G., 2009, *The Development of Machine Design as a Science from Classical Times to Modern Era*, in H.-S. Yan, M. Ceccarelli (eds.), *International Symposium on*

History of Machines and Mechanisms, DOI 10.1007/978-1-4020-9485-9_5, Springer Science+Business Media B. V.

Chondros, T. G., Milidonis, K., Vitzilaios, G., & Vaitsis, J. (2013). “*Deus-Ex-Machina*” *reconstruction in the Athens theater of Dionysus*, *Mechanism and Machine Theory*, 67, 172-191.

Edmunds, M. G. (2014). *The Antikythera mechanism and the mechanical universe*, *Contemporary Physics*, (ahead-of-print), 1-23.

Efstathiou, K., Basiakoulis, A., Efstathiou, M., Anastasiou, M. & Seiradakis, J. H. (2012). *Determination of the gears geometrical parameters necessary for the construction of an operational model of the Antikythera Mechanism*, *Mechanism and Machine Theory*, 52, 219-231.

Efstathiou, M., Basiakoulis, A., Efstathiou, K., Anastasiou, M., Boutbaras, P. & Seiradakis, J. H. (2013). *The Reconstruction of the Antikythera Mechanism*, *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 2(3), 307-334.

Frédéric Devevey, Patrice Cauderlier, Claudine Magister-Vernou et Christian Verno, *Découverte d'un « disque » astrologique antique à Chevroches (Nièvre)*, *Revue Archaeologique de l'est*, 55, 2006

Freeth, T. (2009). *Decoding an Ancient Computer*, *Scientific American* 301 (6): 76–83.

Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J.H., Tselikas, A., Mangou, H., Zafeiropoulou, M., Hadland, R., Bate, D., Ramsey, A., Allen, M., Crawley, A., Hockley, P., Malzbender, T., Gelb, D., Ambrisco, W. & Edmunds, M.G. (2006). *Decoding the ancient Greek astronomical calculator known as the Antikythera Mechanism*, *Nature* 444, 587-591.

Freeth, T., Jones, A., Steele, J.M. & Bitsakis, Y. (2008). *Calendars with Olympiad display and eclipse prediction on the Antikythera Mechanism*, *Nature* 454, 614-617.

Freeth, T., & Jones, A., 2012. *The Cosmos in the Antikythera Mechanism*, New York University: Institute for the Study of the Ancient World (ISAW) Papers 4
<http://dlib.nyu.edu/awdl/isaw/isaw-papers/4>

Gourtsoyannis, E. (2010). *Hipparchus vs. Ptolemy and the Antikythera Mechanism: Pin–Slot device models lunar motions*, *Advances in Space research*, 46, 540-544.

Henriksson, Goran (2009). *Ten solar eclipses show that the Antikythera Mechanism was constructed for use on Sicily*, *The European Society for Astronomy in Culture 17th Annual Meeting*, SEAC 2009, Alexandria Library, Alexandria, Egypt.

Koetsier, T. (2009, January). *Phases in the Unraveling of the Secrets of the Gear System of the Antikythera Mechanism*, *International Symposium on History of Machines and Mechanisms*, pp. 269-294. Springer Netherlands.

Laks André and Most, Glenn W. (editors) (1997). *Studies on the Derveni papyrus*, Oxford University Press, Great Clarendon Street, Oxford.

Marchant, Jo, (2008). *Decoding the Heavens: Solving the Mystery of the World's First Computer*, Arrow Books Ltd.

Malzbender, T., D. Gelb, H. Wolters., (2001). *Polynomial texture maps*, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM Press/ACM SIGGRAPH, pp. 519–528.

Miller, S. G. (1975). *The date of Olympic festivals*, MDAI (A), 90, 215-231.

Miller, S. G. (1978). *The date of the first Pythiad*, California Studies in Classical Antiquity, 127-158.

Miller, S. G. (2006). *Ancient Greek athletics*, Yale University Press.

Moussas, X. (2009). *The Antikythera Mechanism: The oldest mechanical universe in its scientific milieu*, Proceedings of the International Astronomical Union, 5 (S260), 135-148.

Moussas, X. (2010). *The Antikythera Mechanism*, Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom (pp. 113-128). SensePublishers.

Moussas, X. (2011). *Antikythera Mechanism, PINAX (TABLET) the first computer and mechanical Cosmos* (in Greek), Ed. Hellenic Physical Union, Athens, Greece, 2011 and 2012 2nd edition.

Moussas, X. (2013). *From Alexander to Archimedes and the Antikythera Mechanism*, http://www.academy.edu.gr/files/prakt_alexandros/01_21_pr_al.pdf

Moussas, X. (2014). *Early Greek astrophysics: the foundations of modern science and technology*, American Journal of Space Science, 1(2), 129.

Neugebauer, O. (1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Springer, Berlin.

Orphic Hymns, The: Text, Translation and Notes by A. Athanassakis, 1988,
<http://www.sacred-texts.com/cla/hoo/>
<http://remacle.org/bloodwolf/poetes/falc/orphee/hymnes.htm>

Papaspirou, P. (2012). *Johannes Kepler: his place in Astronomy, From Antikythera to the Square Kilometre Array: Lessons from the Ancients*, Vol. 1, p. 21.

Papaspirou, P., Karamanos, K., & Moussas, X. (2013). *Criteria for the complexity of successive astronomical paradigms*, Physics International 4 (2).

Papaspirou, P., & Moussas, X. (2013). *A brief tour into the history of gravity: from Democritus to Einstein*, American Journal of Space Science, 1(1), 33.

Papathanasiou (1978). *Cosmological and Cosmogonical Notions in Greece during the 2nd millenium BC*, PhD Thesis, University of Athens.

Papathanassiou, Maria K. (2010). *Reflections on the Antikythera mechanism inscriptions*, Advances in Space Research, doi: DOI: 10.1016/j.asr.2009.10.021

Price Derek J. De Solla, (1955), *Clockwork before the Clock*, Horological Journal, pp. 811-813, December 1955, pp. 31-34 and January 1956, pp.31-34.

Price, D. de Solla, (1974). *Gears from the Greeks. The Antikythera mechanism – A calendar computer from ca. 80 BC*, Transactions of the American Philosophical Society vol. 64, Part 7, NS, Philadelphia.

- Rados, C. (1905). *Comptes Rendues*, International Archaeological Congress in Athens, pp. 256-258
- Rados, C. (1910). *On the Antikythera Treasure, astrolabe, anaphoric clock, odometers*, Book, Athens.
- Rediadis P. (1903). *Der Astrolabos von Antikythera*, Das Athener Nationalmuseum.
- Rehm, A. (1907). *Philologische Wochenschrift*, cols. 467-470.
- Roumeliotis, M. (2012). *Are the modern computer simulations a substitute for physical models? The Antikythera case, From Antikythera to the Square Kilometre Array: Lessons from the Ancients*, Vol. 1, p. 36.
- Seiradakis, J. H. (2012). *THE ANTIKYTHERA MECHANISM: From the bottom of the sea to the scrutiny of modern technology, From Antikythera to the Square Kilometre Array: Lessons from the Ancients*, Vol. 1, p. 7.
- Svoronos, J.N. (1903). *Die Funde, von Antikythera*, Das Athener Nationalmuseum.
- Svoronos, J. N. (1907). *Das Athener Nationalmuseum*.
- Stamatis, E. (1974). *Archimedes works* (in Greek), TEE publishing house, Athens.
- Theofanidis, J. (1934), *Sur l'instrument en cuivre, dont des fragments se trouvent au Musee Archeologique d'Athenes et qui fut retire du fond de la mer d'Anticythere en 1902*, *Praktika tes Akademias Athenon* 9, pp. 140-149.
- Tsikritsis, M., E. Theodossiou, V.N. Manimanis, P. Mantarakis, D. Tsikritsis (2013). *A Minoan eclipse calculator*, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 13, 1.
- Tsikritsis M., Moussas, X. & Tsikritsis, D. (2014). *Evidence of astronomical and Mathematical, knowledge and Calendars during the early Helladic era in Aegean "frying pan" vessels*, submitted to *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*.
- Wright, M.T. (2002). *A planetarium display for the Antikythera mechanism*, *Horological Journal* 144 (5 and 6), pp. 169–173 193.
- Wright, M.T. (2003). *Epicyclic gearing and the Antikythera mechanism*, Part I, *Antiquarian Horology* 27 (3), pp. 270–279.
- Wright, M.T. (2005a). *The Antikythera mechanism: a new gearing scheme*, *Bulletin of the Scientific Instrument Society* 85, pp. 2–7.
- Wright, M.T. (2005b). *Epicyclic gearing and the Antikythera mechanism*, Part II, *Antiquarian Horology* 29 (1), pp. 51–63.
- Wright, M.T. (2005c). *Counting months and years: the upper back dial of the Antikythera mechanism*, *Bulletin of the Scientific Instrument Society* (87), pp. 8–13.
- Wright, M.T. (2006a). *The Antikythera mechanism and the early history of the moon-phase display*, *Antiquarian Horology* 29 (3) (2006), pp. 319–329.

Wright, M.T. (2006b). *Understanding the Antikythera mechanism*, Proceedings Second International Conference on Ancient Greek Technology, Technical Chamber of Greece, Athens, pp. 49–60.

Wright, M.T., Bromley, A.G., Magkou, E (1991). *Simple X-Ray Tomography and the Antikythera Mechanism*, PACT 45 (1995), Proceedings of the Conference Archaeometry in South-Eastern Europe, pp. 531–543, April 1991.

Yan, H. S., & Lin, J. L. (2012). *Reconstruction synthesis of the lost subsystem for the planetary motions of Antikythera mechanism*, Journal of Mechanical Design, 134(1), 011003.

Yan, H. S., & Lin, J. L. (2013). *Reconstruction synthesis of the lost interior mechanism for the solar anomaly motion of the Antikythera mechanism*, Mechanism and Machine Theory, 70, 354-371.

Zafeiropoulou M., Mitropoulos, P. (2009). *The Antikythera shipwreck, the treasure and the fragments of the Mechanism*, XXIII International Congress of History of Science and Technology, Ideas and Instruments in Social Context, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.



THE GEARS OF THE ANTIKYTHERA MECHANISM: AN EDUCATIONAL PATHFINDER TO THE SOLAR SYSTEM

Xenophon Moussas¹, Georgios Bampasidis¹, Yanis Bitsakis², Theodosios Tassios³,
Magdalini Anastasiou⁴, Kyriakos Efstathiou⁴⁵, Georgios Fasouloupoulos⁵, Isidoros
Kioleoglou⁶, Mike Edmunds⁷, M. Zafeiropoulou⁸, Manos Roumeliotis⁹, Tom
Malzbender³⁰, Andrew Ramsey³¹, Michael T. Wright¹⁰, Eleni Daniels¹¹, Reem
Sabry¹², Hoda El Mikaty¹², Göran Henriksson¹³, I.-M. Munktel¹⁴, Dionysios
Kriaris⁴³, Evaggelos Spandagos⁴¹, Flora Vafea¹⁵, Stratos Kouphos¹⁶, Dimitrios
Prassopoulos¹⁷, V. Zafiropoulos⁴⁶, A. Karakostas¹⁸, Aikaterini Aggeioplasti¹⁷,
Eleni Delidou¹⁷, Nikos Giannopoulos⁴², Amalia Porlingi⁴², Costas & George
Papoulias⁴, Paul Haley¹⁹, Matt Biggs¹⁹, Pawel Palus²⁰, Jamal Mimouni²³, David
Valls-Gabaud²², Alexandros Kakouris¹, Drahomir Chochol²⁰, Danica Jancuskova²⁰,
Maria Feriancikova²⁰, Jacek Szubiakowski²¹, Ela Plucinska²¹, Krystof Czart²¹, Anna
Jacyno²¹, Magda Evgenia Gkini²².

¹ Dept. of Astrophysics, Astronomy & Mechanics, Faculty of Physics, National & Kapodistrian
University of Athens, Panepistimiopolis, GR 15783 Zographos, Athens, Greece
email: xmoussas@phys.uoa.gr email: gbabasid@phys.uoa.gr

² University of Athens, Athens Science and Education Laboratory, Athens, Greece

³ Association for Ancient Greek Technology Studies

⁴ Dept. of Astrophysics, Astronomy & Mechanics, Faculty of Physics, Aristotle University of
Thessaloniki, Greece, Macedonia, Greece

⁴⁵ Dept. of Mechanical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Greece, Macedonia, Greece

⁴⁶ The Theoretical and Mathematical Physics and Philosophy of Science Division, Faculty of Physics,
Aristotle University of Thessaloniki, Greece, Macedonia, Greece

⁵ Secondary Education, Greece

⁶ Ionic Center, 11 Lysiou Street, 10556, Athens, Greece

⁷ Cardiff University, School of Physics & Astronomy, Queens Buildings, The Parade, Cardiff
CF243AA, UK

⁸ National Archaeological Museum of Athens, 1 Tositsa Str., GR-10682 Athens, Greece

⁹ Department of Technology Management, University of Macedonia, Thessaloniki, Greece

¹⁰ Centre for the History of Science, Technology & Medicine, Imperial College, London, UK

¹¹ DanielsMedia Co., Public Relations, NY, USA

¹² Planetarium Science Center, Bibliotheca Alexandrina, Alexploratorium, Alexandria, Egypt

¹³ Division of Astronomy and Space Physics, Uppsala University, Box 515, SE-75120, Uppsala,
Sweden

¹⁴ Uppsala University Museum Gustavianum, Akademigatan 3, SE-75310 Uppsala, Sweden

¹⁵ Abet Greek School in Cairo, Egypt

¹⁷ Eudemus Observatory, Rhodes, Greece

¹⁷ Amateur Astronomers Club of Thrace, 5 J. Betsou, 68100, Alexandropolis, Greece

¹⁸ Chios, Greece

¹⁹ The SHARE Initiative, UK

²⁰ Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Slovakia

²¹ Olsztyn Planetarium and Astronomical Observatory, Al. Piłsudskiego 38, 10-450 Olsztyn, Poland

²² Observatoire de Paris, LESIA, 5 Place Jules Janssen. Meudon Cedex, F-92195, France

²³ Department of Physics, University of Constantine, Algeria

³⁰ H-P, Palo Alto, USA

³¹ X-Tek Systems, UK

⁴¹ Aethra Publishing Company, Messolongiou 1, Athens, Greece

⁴² Digital Artists, Athens, Grece

⁴³ Lysiou 2, GR 1146 Galatsi, Athens, Greece

The Role of Astronomy in Society and Culture, E1, 1 of 4

Proceedings IAU Symposium No. 260, 2009, D. Valls-Gabaud & A. Boksenberg, eds.

c International Astronomical Union 2011, [doi:10.1017/S1743921311003218](https://doi.org/10.1017/S1743921311003218)

Abstract. The Antikythera Mechanism is the most sophisticated ancient astronomical instrument and analogue calculating machine known to the scientific realm. It is the most sophisticated device from the ancient Hellenic world constructed somewhere between 150 and 100 B.C., almost a century after the death of Archimedes. The Mechanism has great educational potential; it appeals to inquiring minds as an astonishing artifact of science and technology. The latest research findings reveal significant cultural and social function in its operation (Freeth *et al.* 2006; Freeth *et al.* 2008). This astonishing astronomical instrument possesses an interdisciplinary value. It has recently been proposed that this ancient device, known as the world's first computer, may be used as an educational medium, to engage the general public, and especially to attract students to both the exact sciences and to the humanities. The astronomical and technical knowledge embedded in the Mechanism could also be used to approach some aspects of modern science through the unknown technological achievements of Hellenic antiquity.

Keywords. Antikythera Mechanism, astronomical instrument

1. Introduction. The Antikythera Mechanism is an astonishing astronomical instrument of the ancient Hellenic world. The unknown manufacturer constructed it with gears made of bronze that permit the performance of calculations. The instrument probably epitomizes all the astronomical knowledge of its era. The Mechanism is a unique artefact in many ways –and the only device of its kind known today. It is both an astronomical instrument (Radiatis 1908) and an analogue computer (Price 1959; 1974; Theofanidis 1934). Scientists and engineers understood its priceless value since the day of its discovery (Svoronos 1903).

It was discovered in 1901 near the small Greek island of Antikythera during a sponge dive (Svoronos 1903), whose fragments were part of a large shipwreck of the 1st century B.C. that was full of ancient treasures. This intriguing and mysterious device has perplexed many scientists who have been studying it through today (Moussas, 1991, Freeth *et al.* 2006; Freeth *et al.* 2008; Wright 2007). The research studies of the Mechanism continually unveil extraordinary information about the ancient Greek science and technology, some of which are unknown and very surprising. It is an instrument whose study leads to a complete revision of the history of science, technology, astronomy, mathematics and even philosophy.

The ancient instrument of the Mechanism has many dial displays mostly circular and two spiral, with pointers, some of which are quite complex. One dial is on the 'front' and the rest of the dials on the 'back' side of the Mechanism. The pointers are driven by gears that rotate by a single input shaft (Freeth *et al.* 2006; Freeth *et al.* 2008; Price 1959; 1974; Theofanidis 1934). The device was originally housed in a wooden case, with its manual written on every available surface of the Mechanism. It appears to have been constructed between 150 and 100 B.C. (private communication, Charis Kritzas, 2006).

The bronze fragments of the original are on display at the National Archaeological Museum of Athens and they are being globally investigated, like other important items of astronomical instruments, such as the disk of Chevroches (Devevey *et al.* 2006).

2. The interdisciplinary value of the Antikythera Mechanism. As technology penetrates into the global community's daily routine, people find themselves in need of different types of technology applications and gadgets that they have to use every day. As a result, they need to develop special skills and acquire appropriate

knowledge in order to understand the way things work and avoid the possibility of looking at them as the offspring of magic.

Despite its mysterious and complex nature, the Antikythera Mechanism is a unique educational resource and tool. It is suitable for teaching modeling of nature by using laws of nature, mathematical methods and the translation of the gears' motions into mathematics. The Mechanism is the oldest known mechanical device in the universe, which proves that science can model the universe with mathematics, astronomy and engineering.

The Mechanism is a great attractor to children for science, mathematics and technology, but also for astronomy, philosophy, history, linguistics, geography, modeling, physics, metallurgy and many more (Moussas *et al.* 2007). Therefore, exhibitions around the world (see Table 1 below) highlighting the Mechanism, offer a tremendous opportunity for interaction between scientists and the public. For example, the Children's Museum of Manhattan (CMOM) in New York City is the only museum in America currently showcasing a reconstruction model of the Mechanism. Also, through their short audio-visual presentation, visitors from age 6-to adult, learn that it was the ancient Greek understanding of causality that led to the development of the scientific method we use today. At a nearby interactive kiosk, visitors learn how modern technology is being used to unlock the mysteries of the Antikythera Mechanism and learn how this Greek machine is altering our understanding of the history of science.

These versatile events focus on the display of an exact replica of the Antikythera Mechanism in the same scale as the original. The reconstruction models depict the Mechanism's geared infrastructure and reveal its brilliant operation. Apart from the reconstructed device, each exhibition includes multimedia interactive software that enables the visitor to watch the history of the Mechanism as well as investigate and understand its functions and capabilities. In addition, elucidatory panels are on display at the surrounding area, in order to involve the visitor in the roots of Science and Astronomy. During the exhibitions, public lectures concerning the amazing story of the Mechanism are given to the general public, introducing them to the ancient technology. In turn, this allows visitors of all ages to easily view the conjunction of modern science and historical heritage through the Antikythera Mechanism—and continue the conversation at home.

Most importantly, these exhibitions constitute a dynamic way for studying and learning more about Astronomy, Mathematics and Science, revealing the interdisciplinary value of the Antikythera Mechanism.

It is obvious that the Antikythera Mechanism seems to be an incredibly resourceful and educational tool for changing the way the general public views Science and assists people to simplify Mathematics and Astronomy.

Table 1: Exhibitions Overview.

Event	Place	Date	Number of Visitors
Gods, Myths and Mortals: Discover Ancient Greece Children's Museum of Manhattan National touring exhibition	New York, USA	From 2007 to 2010 (2010, Hellenic Museum in Chicago)	500,000
Municipal Theatre of Alexandroupolis	Alexandroupolis, Greece	5/5/07	180
Church Children Camp	N. Makri, Alexandroupolis, Greece	1/8/08	140
Exhibition in Constantine 7em Salon d'Astronomie	Constantine, Algeria	30/10/08-1/11/2008	6,000
Exhibition at CRAAG, Centre de Recherche en Astronomie Astrophysique et Géophysique	Algiers Observatory, Algeria	2/11/08	50
Museum Gustavianum Uppsala, Sweden	Uppsala, Sweden	31/1/09-29/04/09	10,000
IAU Symposium 260 and Art Exhibition	UNESCO, Paris, France	15-23/1/2009	1,000
Aurora Polaris, Grundtvig	Athens, Greece	9/2008	30
Aurora Polaris, Grundtvig	Olsztyn Planetarium, Poland	5/2009	300
Planetarium Science Center Bibliotheca Alexandrina Alexploratorium	Alexandria, Egypt	1-30/11/2008	2,000
City of Chios, Greece	Chios, Greece	9/2/2008	200
City of Ermioni	Ermioni, Greece	2/2008	120
Culture Center City of Rehtymnon	Rehtymnon, Crece, Greece	27-30 March 2009)	300
Amphitheatre of Gymnasium	Kasos, Greece	30/7/2008	300
HELEXPO/DETH International Fair 2007	Thessaloniki, Greece	9/2007 and 9/2008	4000+4000
Zappeion, Research and Innovation exposition	Athens, Greece	5/2007, 11/2008	3000+3000
Ionic Centre	Athens, Greece	22/10/2008-14/12/2008	7,000
Abet Greek School in Cairo	Cairo, Egypt	Permanent exhibition inaugurated on 29/11/2008	300

References

- Devevey, F., Cauderlier, P., Magister-Vernou, C. & Vernou, C. 2006, *Revue archéologique de l'Est* 55.
- Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J.H., Tselikas, A., Mangou, H., Zafeiropoulou, M., Hadland, R., Bate, D., Ramsey, A., Allen, M., Crawley, A., Hockley, P., Malzbender, T., Gelb, D., Ambrisco, W. & Edmunds, M.G. 2006, *Nature* 444, 587.
- Freeth, T., Jones, A., Steele, J.M. & Bitsakis, Y. 2008, *Nature* 454, 614.
- Moussas, X. *Astrolabe*, Encyclopaedia of Ekdotike Athinon, vol 14, Athens, Greece, 1991
- Moussas, X., Seiradakis, J., Freeth, T., Edmunds, M., Bitsakis, Y., Babasides, G., Ioannidis-Vamvakas, D., Fasouloupoulos, G., Daniels, E. & Kriaris, D. 2007, *CAP 2007* (Athens).
- Price, D.d.S. 1959, *Scientific American* 200, 60–67.
- Price, D.d.S. 1974, *Trans Am. Phil. Soc.* 64, 1.
- Rediadis, P. 1908, *Das Athener Nationalmuseum*.
- Svoronos, J.N. 1903, *Das Athener Nationalmuseum*.
- Theofanidis, J. 1934, *Praktika tes Akademias Athenon* 9, 140.
- Wright, M.T. 2007, *Interdisciplinary Science Reviews* 32, 27.

Από τον Αλέξανδρο στον Αρχιμήδη και τον Μηχανισμό των Αντικυθήρων

ΞΕΝΟΦΩΝ ΜΟΥΣΑΣ, Καθηγητής Φυσικής του Διαστήματος, Διευθυντής του Πανεπιστημιακού Αστεροσκοπείου του Πανεπιστημίου Αθηνών, Διευθυντής του Εργαστηρίου Αστροφυσικής, του Τμήματος Φυσικής, του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Ελλάδα

Email: xmoussas@phys.uoa.gr

Εισαγωγή

Σε αυτό το άρθρο επιχειρείται μια παρουσίαση της συμβολής του Μεγαλέξανδρου στην ανάπτυξη του παγκόσμιου πολιτισμού και ειδικότερα η συμβολή του στην εξέλιξη των επιστημών.

Η Ελλάδα και ο Ελληνικός χώρος κατέχει σημαντική θέση στην παγκόσμια κονίστρα από την παλαιολιθική εποχή, όπως έδειξαν πρόσφατες μελέτες που δείχνουν ότι στο Αιγαίο έχουμε συχνή χρήση πλωτών μέσων και ναυσιπλοΐα από το 130000 με 100000 π.Χ., όπως αποδεικνύουν μελέτες που ανακάλυψαν σχετικά πρόσφατα μόνιμες εγκαταστάσεις ανθρώπων πολύ νωρίτερα από ότι αναμενόταν από την αντίληψη που έχουμε για ανάπτυξη πολιτισμού από προγόνους του ανθρώπου¹.

Το πολυσχιδές του εδάφους, τα πολλά σχετικά μικρά νησιά, παρέχουν καταφύγιο από τα μεγάλα αιλουροειδή και τις αρκούδες που κυριαρχούν κατά μεγάλες περιόδους στην ηπειρωτική Ελλάδα και δυσκολεύουν την ανάπτυξη και εξάπλωση των προγόνων του ανθρώπου. Αντιθέτως τα νησιά αποτελούν ιδανικά καταφύγια επειδή οι επικίνδυνοι θηρευτές, τα μεγάλα αιλουροειδή και οι αρκούδες, δεν έχουν αρκετό ζωτικό χώρο για να επιζήσουν και να αναπτυχθούν και να απειλούν τους ανθρώπους, οι οποίοι πλέουν το Αιγαίο και ζουν στις νήσους από την 15^η χιλιετία π.Χ., πριν την νεολιθική εποχή.²

¹ Thomas F. Strasser, Eleni Panagopoulou, Curtis N. Runnels, Priscilla M. Murray, Nicholas Thompson, Panayiotis Karkanias, Floyd W. McCoy and Karl W. Wegmann, *STONE AGE SEAFARING IN THE MEDITERRANEAN: Evidence from the Plakias Region for Lower Palaeolithic and Mesolithic Habitation of Crete*, THesperia: The Journal of the American School of Classical Studies at Athens, 79, 145-190, 2010).

Thomas F. Strasser, Curtis Runnels, Karl Wegmann, Eleni Panagopoulou, Floyd McCoy, Chad Digregorio, Panagiotis Karkanias, Nick Thompson, *Dating Palaeolithic sites in southwestern Crete, Greece*, Journal of Quaternary Science, 26, 553–560, 2011

The Early and Middle Pleistocene Archaeological Record of Greece: Current ...

Vangelis Tzoulikis, Leiden University Press, 2011. Πρέπει να προσθέσω ότι αμφισβειτείται από ορισμένους ότι η Κρήτη ήταν νησί πριν να ανοίξουν οι Πύλες του Ηρακλέους (το Γρβαλτάρ).

² N. Laskaris, A. Sampson, F. Mavridis, I. Liritzis, *Late Pleistocene/Early Holocene seafaring in the Aegean: new obsidian hydration dates with the SIMS-SS method*, Journal of Archaeological Science, 38, 2475–2479, 2011

Ο πολιτισμός γεννιέται στην προσπάθεια του Ανθρώπου να επιζήσει σε ένα δύσκολο, συχνά επικίνδυνο περιβάλλον, με πάγους ή άγρια θηρία ή στις ερήμους. Η Ελλάδα, το πολυσχιδές του εδάφους, να νησιά, τα βουνά, οι μικρές απομονωμένες κοιλάδες, που διαμορφώνει τελικά και τους Έλληνες, οδηγεί βαθμιαία στην ανάπτυξη μικρών κοινωνιών όπου σε κάποιες από τις οποίες φαίνεται ότι υπάρχει ένα είδος κοινοβουλίου, όπως φαίνεται από το κοινοβούλιο της Λήμνου ή την «αυλή» της Κνωσού, όπου φαίνεται ότι πολλοί κάθονται για μεγάλο χρονικό διάστημα για να συζητήσουν και να εκφράσουν τη γνώμη τους ή και να ψηφίσουν έστω και αν τελικά την απόφαση λαμβάνει κάποιος άρχοντας. Σε αυτές τις συνθήκες οι άνθρωποι μαθαίνουν να εκφράζονται, να αποφασίζουν από κοινού, να έχουν νέες ιδέες, να πείθουν, να διαλέγονται. Η Αγορά και η διαλεκτική, η «μαιευτική» και η επιστήμη γεννιούνται προς όφελος της ανθρωπότητας. Φυσικά τα ταξίδια των Ελλήνων στη διάρκεια των οποίων γνωρίζουν άλλους πολιτισμούς τους ανοίγουν τα μάτια και το μυαλό, όπως μας λέει και ο αρχαιότερος των συγγραφέων, Όμηρος [*πολλῶν δ' ἀνθρώπων ἴδεν ἄστεα καὶ νόον ἔγνω*, ο Οδυσσεύς].

Αστρονομία μητέρα του Πολιτισμού

Η αιτιοκρατία, η αντίληψη ότι υπάρχουν νόμοι της Φύσης που κυβερνούν όλα τα φαινόμενα που συμβαίνουν στο Γη και τον Κόσμο, τα μαθηματικά, η Φυσική Φιλοσοφία και γενικότερα η Φιλοσοφία που άλλαξε τον Κόσμο μας και οδήγησε στον Πολιτισμό, γεννήθηκαν με την Αστρονομία. Άνθρωπος, άλλωστε σύμφωνα με κάποια ετυμολογία είναι αυτό το ον που ατενίζοντας τον έναστρο ουρανό, θαυμάζοντάς τον από απλό έμβιο όν γίνεται άνθρωπος³.

Ασφαλώς χίλιετίες πριν από την ανάπτυξη της αγοράς, όπου οι άνθρωποι επικοινωνούν, συζητούν και επιχειρηματολογούν, πολύ πριν την ανάπτυξη της διαλεκτικής, οι πρόγονοι του ανθρώπου (όπως και αν τους ονομάζουμε) ατενίζουν τον ουρανό, κάθε ξάστερη νύκτα, και με τον καιρό, μέρα με την μέρα και νύκτα

με την νύκτα, διαπιστώνουν την κυκλική κίνηση των απλανών αστερών, αναγνωρίζουν τους πλανήτες που έχουν σημαντικότερο ρόλο στον Κοσμικό χορό, μελετούν την κίνηση της Σελήνης και την περίεργη μεταβολή του φωτεινού τμήματός της που καθορίζει πότε μπορεί κανείς να κυνηγήσει και να ψαρέψει, τον Ήλιο που είναι κυρίαρχος της ζωής μας σε αυτό τον πλανήτη με τις εναλλαγές των εποχών και το

³ Ασφαλώς γνωρίζω την ετυμολογία που θέλει η λέξη άνθρωπος να προέρχεται από την λέξη άνδρας και σημαίνει ότι είναι αυτό το ον που μοιάζει με άνδρα, αλλά δεν την δέχομαι διότι είναι σεξιστική, και δεν νομίζω ότι υπάρχει κυρία που θα δεχόταν ότι μοιάζει με άνδρα, αλλά πώς θα μπορούσε να υπάρχει μια λέξη που αναφέρεται στον άνδρα και να σημαίνει ότι μοιάζει με άνδρα, άρα δεν είναι άνδρας, διότι αν είναι δεν μπορούμε να πούμε ότι μοιάζει με άνδρα.

ημερονύκτιο.

Βαθμιαία από τον κοσμικό χορό των ουρανίων σωμάτων αντιλαμβάνονται την *αρμονία των σφαιρών* του Πυθαγόρα, που την μουσική τους δεν ακούμε, αλλά αντιλαμβανόμαστε με τα μαθηματικά, αφού τελικά (και πολύ σωστά) όλα είναι μαθηματικά κατά τους Πυθαγορίους, με τα οποία αποκλειστικά περιγράφεται η φύση και ο Κόσμος, δηλαδή αποκλειστικά μέσω των νόμων της φυσικής. Φυσικά τότε προσπαθούσαν να κατανοήσουν και να αναπαράγουν τα φυσικά φαινόμενα με τους τότε γνωστούς νόμους της φυσικής, όπως τους αντιλαμβάνονταν τότε. Για παράδειγμα οι νόμοι της φυσικής για την πρόβλεψη των εκλείψεων ήταν οι γνωστές περιοδικότητες των εκλείψεων, οι Σάρροι, τις οποίες χρησιμοποιούμε και σήμερα.

Η αστρονομία είναι καθοριστική για την δημιουργία του πολιτισμού, την γέννησή του και την εξέλιξή του. Ο άνθρωπος προοδεύει καθώς οδηγείται στην ανάπτυξη αστρονομικών μοντέλων. Αρχίζει κυρίως με την δημιουργία ακριβών ημερολογίων που είναι απαραίτητα για την λειτουργία της κοινωνίας, ακόμη και αν αυτή δεν είναι οργανωμένη. Ο σωστός χρόνος καθορισμού της σποράς και άλλων αγροτικών εργασιών είναι κεφαλαιώδους σημασίας για τις κοινωνίες των ανθρώπων και η χρήση ακριβών ημερολογίων απαιτεί σωστές παρατηρήσεις των κινήσεων του Ηλίου και της Σελήνης. Η Σελήνη με την πολύπλοκη τροχιά της και συνοδική περίοδο, δηλαδή περίοδο σχετικά με τη Γη και τον Ήλιο, η οποία είναι περίπου 29,5 ημέρες οδηγεί αναγκαστικά σε πολύπλοκα μαθηματικά και αναγκάζει τον άνθρωπο να τα αναπτύξει. Δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι όλος ο ανθρώπινος πολιτισμός δημιουργήθηκε επειδή η διάρκεια του έτους δεν είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της διάρκειας του σεληνιακού συνοδικού μήνα. Αν δηλαδή τύχαινε το έτος να είναι 350 ημέρες και ο μήνας 35 ημέρες ή 70 ή 10 ημέρες δεν θα χρειαζόνταν πολύπλοκα μαθηματικά. Η φύση είναι συχνά απλή, αλλά πολύ συχνότερα πολύπλοκη. Η Σελήνη έχει πολύπλοκη κίνηση διότι η θέση του επιπέδου κίνησής της γύρω από την Γη αλλάζει περιοδικά κατά $\pm 5^\circ$ περίπου με αποτέλεσμα οι εκλείψεις του Ηλίου και της Σελήνης και οι φάσεις επανεμφάνισης της Σελήνης στον ουρανό να έχουν διάφορες περιοδικότητες και ως εκ τούτου να απαιτούνται πολύπλοκα μαθηματικά για την πρόβλεψή τους.

Αρκετά πολύπλοκες είναι και οι κινήσεις των πλανητών, ειδικά όπως τις βλέπουμε από την Γη η οποία κινείται γύρω από τον Ήλιο με άλλη ταχύτητα από αυτήν που κινούνται οι άλλοι πλανήτες, πόσο μάλλον που ο καθένας τους έχει διαφορετική γωνιακή και γραμμική ταχύτητα. Οι αρχαίοι αστρονόμοι ανακαλύπτουν τις πολύπλοκες περιοδικότητες καθώς μετρήσεις των θέσεων των πλανητών συσσωρεύονται από παρατηρήσεις που γίνονται στη διάρκεια αιώνων. Διότι για να ανακαλύψεις περιοδικότητες χρειάζεσαι παρατηρήσεις πολλαπλάσιας διάρκειας και για μεγάλης διάρκειας περιοδικότητες της τάξης των 18, 19, 54 και 76 ετών χρειάζεσαι παρατηρήσεις αιώνων, που κάποιες από αυτές αρχίζουν από την προϊστορική εποχή.

Από αυτή την πολύχρονη αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τον ουρανό, με τα άστρα, τον Ήλιο, την Σελήνη και τους πλανήτες, έχουμε την ανάπτυξη νέων οργάνων μέτρησης, που δίνουν την δυνατότητα πολλών και πολύ καλύτερων μετρήσεων, που μετά από μελέτη οδηγούν στην ανάπτυξη όλο και ακριβέστερων αστρονομικών μοντέλων που επιχειρούν να περιγράψουν την φύση με ακρίβεια. Η γέννηση της αντίληψης ότι υπάρχουν νόμοι της φύσης και αιτιοκρατία οφείλεται συνεπώς στην μελέτη της κίνησης του Ήλιου και της Σελήνης, στην αρμονία των άστρων και των πλανητών και οδηγεί στην ανάπτυξη των επιστημών.

Από τα μαθηματικά μοντέλα των Ελλήνων κατά τη διάρκεια των αιώνων μας επιτρέπεται να γνωρίζουμε τις αντιλήψεις τους σχετικά με την ερμηνεία του Κόσμου με την φυσική φιλοσοφία, δηλαδή με τις επιστήμες και τα μαθηματικά.

Η αστρονομία έδωσε πολλούς καρπούς, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, αυτή οδήγησε στους νόμους της Φυσικής με τον Κέπλερ και τον Νεύτωνα και σήμερα συνεχίζει με απίστευτη επιτυχία. Ασφαλώς δεν θα είχαμε την σύγχρονη τεχνολογία χωρίς την διαστημική εποχή. Τα τελευταία 55 έτη της διαστημικής εποχής που άρχισε με τον Σπούτνικ (4^η Οκτωβρίου 1957) η πρόοδος της ανθρωπότητας είναι αλματώδης σε όλα τα πεδία. Ο σημερινός πολιτισμός μας βασίζεται στην αρχαία Ελληνική παράδοση της φιλοσοφίας και ειδικότερα στην φυσική φιλοσοφία και την παράδοση του Μηχανισμού των Αντικυθήρων που αποτελεί την *Επιτομή του Ελληνικού πολιτισμού*, αφού η σύλληψη και η κατασκευή του απαιτεί εφαρμογή όλων των συνιστωσών της Ελληνικής φιλοσοφίας. Περικλείει την αντίληψη των Νόμων της Φύσης που βλέπουμε στους ορφικούς Ύμνους⁴, την αιτιοκρατία, την αντίληψη των Πυθαγορείων ότι οι φυσικοί νόμοι εκφράζονται με ακρίβεια μόνο με μαθηματικά, περιέχει όλη την *Φυσική Φιλοσοφία*, που επιτρέπει στον Άνθρωπο να κατανοήσει την Φύση, να ερμηνεύσει και ακόμη να προβλέπει ορισμένα φυσικά φαινόμενα, ακόμη και πολύπλοκα, όπως αυτά της κίνησης των ουρανίων σωμάτων, αρχικά να τα εκφράζει με μαθηματικά μοντέλα και στη συνέχεια να τα αναπαριστά πιστά με γρανάζια⁵.

Αλέξανδρος, Βαβυλών και Αίγυπτος

Ο Μεγαλέξανδρος όπου πήγε στις εκστρατείες του και στην Ελληνική αυτοκρατορία που ίδρυσε, είχε μαζί

⁴ Papathanasiou, 1978, *Cosmological and Cosmogonical Notions in Greece during the 2nd millennium BC*, PhD Thesis, University of Athens.

⁵ Αξιοσημείωτο είναι ότι η κίνηση της Σελήνης στον Μηχανισμό των Αντικυθήρων αναπαράγεται αρκετά πιστά με χρήση καλών προσεγγίσεων και των τριών νόμων του Κέπλερ.

του ως συμβούλους επιστήμονες που τους συμβουλευόταν σε πολλά⁶. Αυτοί οι επιστήμονες συνέλλεγαν επιστημονικές πληροφορίες σχετικά με κάθε τι. Συνέλλεγαν γεωγραφικά στοιχεία, για να κάνουν καλούς χάρτες, πληροφορίες για φυτά και τα ζώα, παλαιά αστρονομικά δεδομένα μεταξύ των οποίων μπορούμε να υποθέσουμε ότι ήταν κατάλογοι εκλείψεων, θέσεις των πλανητών να τους αιώνες, πληροφορίες για ημερολόγια. Όλες αυτές τις πολύτιμες πληροφορίες τις καταγράφουν και τις στέλνουν πίσω στην Ελλάδα.

Αυτή η επιστημονική διαδικασία συνεχίζεται από τους διαδόχους του και μετά τον θάνατό του, και δημιουργείται μια παγκόσμια επιστημονική παράδοση προς όφελος των επιστημών και του πολιτισμού. Η κοινή πλέον γλώσσα των επιστημών, που γίνεται η Ελληνική, συμβάλλει στην ευκολότερη ανάπτυξη των επιστημών στον γνωστό τότε κόσμο που είναι πλέον Ελληνικός και έτσι γεννιέται αυτό που ονομάστηκε Ελληνιστικός πολιτισμός, διότι ίσως ενοχλούσε ο όρος Ελληνικός. Η Αίγυπτος συνεισφέρει ασφαλώς με τις γνώσεις της, αλλά και με ένα απροσδόκητο τρόπο. Η γραφειοκρατία στην τεράστια αυτή χώρα την οποία ο Αλέξανδρος απελευθερώνει από τους σκληρούς δυνάστες της τους Πέρσες, είναι, παραδόξως, ένας παράγοντας που οδήγησε σε πρόοδο. Η Ελληνο-Αιγυπτιακή γραφειοκρατία, που απαιτεί καταγραφή όλων των προϊόντων που διακινούνται στα λιμάνια και κυρίως στην Αλεξάνδρεια απαιτεί τεράστιο αριθμό ατόμων που να μπορούν να γράφουν και να κάνουν μαθηματικές πράξεις για να πληρώνονται οι φόροι. Για να εκπαιδευτούν αυτά τα άτομα απαιτούνται πολλοί δάσκαλοι και σχολεία. Η εκπαίδευση οδηγεί κάποια προικισμένα άτομα να μορφώνονται πολύ καλά και να γίνονται επιστήμονες. Οι βασιλείς αντιλαμβάνονται περισσότερο την χρησιμότητα των σχολείων και των σχολών, δηλαδή των πανεπιστημίων εκείνης της εποχής. Γεννιούνται το Μουσείο και η Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας, η οποία τροφοδοτείται με αντίγραφο κάθε βιβλίου που υπάρχει σε διερχόμενο πλοίο. Η επιστήμη βασίζεται πλέον στην παγκόσμια κληρονομιά του Μεγαλέξανδρου και η Αλεξάνδρεια είναι το κέντρο της για αιώνες.

Η κληρονομιά του Αρχιμήδη

Συγχρόνως δημιουργείται στις Συρακούσες ένα κέντρο επιστημών όταν ο Διονύσιος αποφασίζει και ιδρύει ένα κέντρο ανάπτυξης πολεμικής αρχικά τεχνολογίας μαζεύοντας επιστήμονες, μηχανικούς, τεχνικούς, τεχνίτες για να φτιάχνει καλύτερες πολεμικές μηχανές, καταπέλτες, πολιορκητικές μηχανές, πλοία κ.α. εφαρμογές και συγχρόνως αναγκαστικά αναπτύσσονται και οι επιστήμες. Ο Αρχιμήδης αναπτύσσεται εκεί. Ο πατέρας του, Φειδίας, είναι αστρονόμος και ασφαλώς και μαθηματικός και πανεπιστήμων. Ο Αρχιμήδης

⁶ Κουτσούκος, Μάριος, Ο Μέγας Αλέξανδρος και γεωπονική επιστήμη - Η επιστημονική πτυχή της εκστρατείας στην Ανατολή, 112 σελ. Εκδ.Οίκ. Σταμούλης Αντ. ISBN 960-8353-78-5, ISBN-13 978-960-8353-78-7, Αθήνα, 2005, Engels Donald W., *Alexander the Great and the Logistics of the Macedonian Army*, University of California Press, pp194, 1980

προικίζεται από τον πατέρα του με όλες τις γνώσεις και έτσι γίνεται ο μέγιστος των μαθηματικών. Ο Αρχιμήδης βέβαια δεν είναι μόνο μαθητής του πατέρα του. Πηγαίνει στην μεγάλη Μητρόπολη, την Αλεξάνδρεια όπου ασφαλώς εκπαιδεύεται και γίνεται μεγαλοφυΐα. Ο Αρχιμήδης αναπτύσσει και τεχνικές εφαρμογές, στρατιωτικές, όπως αυτές που του επέτρεψαν να κρατήσει ελεύθερη την πατρίδα του, τις Συρακούσες, απωθώντας με διάφορες εφευρέσεις τους πολιορκητές Ρωμαίους για καιρό, σχεδόν μόνος του. Ανάμεσα στα άλλα ξέρουμε από περιγραφές ότι φτιάχνει και ρολόγια και δυο *Σφαίρες* δηλαδή μηχανικά σύμπαντα. Αξίζει να αναφέρουμε ότι αιώνες αργότερα ο Ήρων μας δίνει τον ορισμό του μηχανικού ότι είναι αυτός που [όπως ο Αρχιμήδης] μπορεί να κατασκευάσει ένα μηχανικό σύμπαν. Ο Αρχιμήδης έχει σχολή και μαθητές που θητεύουν και έτσι οι γνώσεις του πηγαινούν σε άλλους επιστήμονες που εκπαιδεύει επάξια, όπως φαίνεται με την μελέτη μας του Μηχανισμού των Αντικυθήρων του οποίου η κατασκευή εκτιμούμε με υπολογισμούς ότι βασίζεται στις μετρήσεις του Αρχιμήδη και των μαθητών του που συνεχίζουν το έργο του για τρεις τουλάχιστον δεκαετίες.

Τα μυστικά του Μηχανισμού

Τι μυστικά μπορεί να έχει ένα μηχανήμα; γιατί να ενδιαφέρεται κανείς να μελετήσει ένα μηχανήμα; Τι μπορεί να αποδώσει μια μελέτη ενός ξεχασμένου από πολλούς μηχανισμού, έστω και αν αυτό έχει ένα παράξενο όνομα, όπως *Μηχανισμός των Αντικυθήρων* ή *Αστρολάβος των Αντικυθήρων*, που ήταν το όνομα που είχε όταν ήμουν παιδί και τον θαύμαζα στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο, κοντά στο σπίτι μας που συνήθιζα και συνηθίζω να πηγαίνω Κυριακές μεσημέρι να θαυμάζω τα αρχαίους θησαυρούς, ή *Σφαίρα* [κατά Αρχιμήδη], ή *Πλανητάριο*, ή *Πίνακα* και *Πινακίδιο*, (που εκτιμώ ότι είναι και το πλέον πιθανό) ή ακόμη και *Πυξίδα* όπως ονομάζουν παρόμοια μηχανήματα στα οποία αναφέρονται αρχαίοι συγγραφείς. Το ενδιαφέρον και η αγάπη που είχα για αυτό το μηχανήμα αποδείχθηκε πολύ αποδοτική, όπως κάθε αγάπη, γιατί η αγάπη πάντοτε ανταποδίδει πολλαπλάσια άδολα, προς όφελος όλων. Η μελέτη του μηχανισμού απέδωσε προς όφελος της Ελλάδας, της ανθρωπότητας, της ελληνικής και παγκόσμιας ιστορίας, της ιστορίας της αστρονομίας, των μαθηματικών, της τεχνολογίας, της μεταλλουργίας, της χημείας, της μηχανικής και της φυσικής, της μετεωρολογίας και της κλιματολογίας, ακόμη και της αστροφυσικής και της γλωσσολογίας, όσο και αν αυτό φαίνεται παράξενο ή και απίθανο.

Η μελέτη του Μηχανισμού που διεξάγεται από την επιστημονική ομάδα μας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών βασίζεται στις τομογραφίες που κάναμε με τον Τομογράφο με το περίεργο όνομα *BladeRunner* που σχεδίασε και κατασκεύασε με τους συνεργάτες του ο Roger Hadland, τότε ιδιοκτήτης της εταιρείας υψηλής

τεχνολογίας X-tek Systems, που φέραμε από την Βρετανία, συνολικού βάρους 12 τόνων ειδικά σχεδιασμένο να διαπερνά γύρω στα 12 με 15 εκατοστά χαλκού. Αυτή η διεισδυτική ικανότητα ήταν απαραίτητη ιδιότητα που απαιτούσαμε από ένα τομογράφο, ώστε να μπορεί να αναδείξει τα μυστικά του μεγαλύτερου αρχαίου μυστηρίου.

Μια σημαντικότερη έκπληξη αποτελεί η ανάγνωση των ωρών, μηνών και ετών των εκλείψεων σε μια ελικοειδή κλίμακα των εκλείψεων 223 μηνών, του Σάρου, που με χρήση ενός γράμματος τριπλασιάζεται σε διάρκεια και γίνεται η περίοδος του Εξελιγμού διάρκειας 54 ετών περίπου. Μεγαλύτερη ήταν η έκπληξη που είχαμε όταν ο κ. Γ. Χένριξον, αστρονόμος ειδικός στις αρχαίες εκλείψεις, με βασισμένος στην ανάγνωση των ωρών, μηνών και ετών των αρχαίων εκλείψεων του Μηχανισμού, οι οποίες καλύπτουν μια χρονική περίοδο ενός *Εξελιγμού*, δηλαδή περιόδου 54 ετών και ενός μηνός, υπολογίστε πού θα μπορούσαν αν είχαν γίνει οι παρατηρήσεις. Τεράστια ήταν η έκλειψή μου ότι όλες έχουν παρατηρηθεί στην Σικελία και ειδικότερα όλες σχεδόν στις Συρακούσες και μια στο Ταυρομένιο και ακόμη μεγαλύτερη έκπληξη πως το 1/3 παρατηρήθηκαν την εποχή του Αρχιμήδη και οι υπόλοιπες σε μια περίοδο τριάντα περίπου ετών μετά τον φόνο του Αρχιμήδη.

Αυτή η ανακάλυψη είναι πρώτου μεγέθους αστρονομική ανακάλυψη, διότι αποδεικνύει ότι η υπογραφή του μεγαλύτερου επιστήμονα όλων των εποχών, αποδεικνύει ότι ο Αρχιμήδης ήταν αστρονόμος. Ξέραμε ότι είχε φτιάξει δυο αστρονομικά μηχανήματα, το πλανητάριο και την μηχανική, πιθανότατα αυτόματα, ουράνια σφαίρα, αλλά αυτό δεν αποδεικνύει ότι ήταν αστρονόμος, αλλά ότι είχε τουλάχιστον φτιάξει ένα δυο αστρονομικά αυτόματα για να δείξει την δεξιότητά του.

Η παγκόσμια κληρονομιά

Χωρίς το παγκόσμιο Ελληνικό κράτος του Αλεξάνδρου και χωρίς την προσωπική συμβολή του, μέσω των επιστημόνων συμβούλων του μέγιστου των μαθητών του Αριστοτέλη, δεν θα μπορούσε να έχει υπάρξει η σημερινή επιστήμη και ο σημερινός πολιτισμός. Οι επιστήμες από την εποχή του Ερατοσθένη, του Ευκλείδη και του Αρχιμήδη αναπτύσσονται στον παγκόσμιο καμβά που έχει κατασκευάσει η Ελληνική Κοσμοκρατορία του Μεγαλέξανδρου και χωρίς αυτή πρέπει να τονίσουμε ότι δεν θα μπορούσε αν είχε αναπτυχθεί η επιστήμη όπως την ξέρουμε σήμερα. Ίσως να είχε γεννηθεί κάτι άλλο. Ο σημερινός κόσμος βασίζεται στις ανακαλύψεις των Ελλήνων επιστημόνων που ανθούν όπως και οι επιστήμες στην Αλεξάνδρεια, τις Συρακούσες, την Ρόδο, την Σελεύκεια, και όλο τον Κόσμο του Αλεξάνδρου. Τα bits και τα bytes του υπολογιστή σας, του φορητού τηλεφώνου σας, έχουν περάσει από την Αλεξάνδρεια και τις

Συρακούσες και την Ρόδο και την Σελεύκεια και οι ρίζες τους πάνε στον Μεγαλέξανδρο. Πολλές από τις νεότερες ανακαλύψεις στηρίζονται στους ώμους γιγάντων που, όπως μας λέει χαρακτηριστικά, ο Νεύτων στηρίχθηκε και αυτός. Ανάμεσα σε αυτούς είναι και οι τεράστιοι ώμοι του Αλέξανδρου. Ο παγκόσμιος πολιτισμός, που είναι σε μεγάλο βαθμό Ελληνικός πολιτισμός και Ευρωπαϊκός πολιτισμός, βασίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στον Αλέξανδρο και την παγκόσμια κληρονομιά του.

Βιβλιογραφία

- Berthelot, M. (1888). *Collection des Anciens Alchimistes Grecs*, Steinheil, Paris,
<http://www.rexresearch.com/alchemy5/berthelot.htm> <http://remacle.org/bloodwolf/alchimie/table.htm>
- Betegh, Gábor (2004). *The Derveni Papyrus: Cosmology, Theology and Interpretation*, Cambridge University Press,
- Bromley A.G. (1986). *Notes on the Antikythera Mechanism*, Centaurus, vol. 29, pp. 5-27.
- Bromley A.G. (1990a). *The Antikythera Mechanism*, Horological Journal, vol. 132, pp. 412-415.
- Bromley A.G. (1990b). *The Antikythera Mechanism: A Reconstruction*, Horological Journals July 1990, pp. 28-31.
- Bromley A.G. (1990c). *Observations of the Antikythera Mechanism*, Antiquarian Horology, No.6, vol. 18, Summer 1990, pp. 641-652.
- Chondros, Thomas G., 2009, *The Development of Machine Design as a Science from Classical Times to Modern Era*, in H.-S. Yan, M. Ceccarelli (eds.), *International Symposium on History of Machines and Mechanisms*, DOI 10.1007/978-1-4020-9485-9_5, Springer Science+Business Media B.V.
- Devevey, F., A. Rousseau, C. Vernou, P. Cauderlier, & C. Magister (2008). *The Astral Disc of Chevroches, Cosmology Across Cultures*, SEAC 2008, Granada,
http://www.iac.es/congreso/cac2008/pages/view_abstract.php?aid=7
- Devevey, F. (2009). *The zodiacal curved disc of Chevroches*, IAU–UNESCO Symposium 260, The Role of Astronomy in Society and Culture, 19 – 23 January 2009, UNESCO Headquarters, Paris, France, <http://iaus260.obspm.fr>
- Engels Donald W., *Alexander the Great and the Logistics of the Macedonian Army*, University of California Press, pp194, 1980
- Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J.H., Tselikas, A., Mangou, H., Zafeiropoulou, M., Hadland, R., Bate, D., Ramsey, A., Allen, M., Crawley, A., Hockley, P., Malzbender, T., Gelb, D., Ambrisco, W. & Edmunds, M.G. (2006). Nature 444, 587.
- Freeth, T., Jones, A., Steele, J.M. & Bitsakis, Y. (2008). Nature 454, 614.
- Freeth, T. (2009). *Decoding an Ancient Computer*, Scientific American 301 (6): 76–83.
- Gibbon, Edward, (2009). *The Decline and Fall of the Roman Empire*, CRW Publishing Limited, Cirencester, United Kingdom.
- Henriksson, Goran (2009). *Ten solar eclipses show that the Antikythera Mechanism was constructed for use on Sicily*, The European Society for Astronomy in Culture 17th Annual Meeting, SEAC 2009. Alexandria Library, Alexandria, Egypt.
- Gourtsoyannis, E. (2010). *Hipparchus vs. Ptolemy and the Antikythera Mechanism: Pin–Slot device models lunar motions*, Advances in Space research, doi:10.1016/j.asr.2009.08.030, in press.
- Karkanias, Panagiotis, Nick Thompson, *Dating Palaeolithic sites in southwestern Crete, Greece*, „Journal of Quaternary Science, 26, 553–560, 2011
- Κουτσούκος, Μάριος, Ο Μέγας Αλέξανδρος και γεωπονική επιστήμη - Η επιστημονική πτυχή της εκστρατείας στην Ανατολή, 112 σελ. Εκδ.Οίκ. Σταμούλης Αντ. ISBN 960-8353-78-5, ISBN-13 978-960-8353-78-7, Αθήνα, 2005
- Laks André and Most, Glenn W. (editors) (1997). *Studies on the Derveni papyrus*, Oxford University Press, Great Clarendon Street, Oxford

- Laskaris, N., A. Sampson, F. Mavridis, I. Liritzis, *Late Pleistocene/Early Holocene seafaring in the Aegean: new obsidian hydration dates with the SIMS-SS method*, Journal of Archaeological Science, 38, 2475–2479, 2011
- Marchant, Jo, (2008). *Decoding the Heavens: Solving the Mystery of the World's First Computer*, Arrow Books Ltd
- Malzbender, T., D. Gelb, H. Wolters., (2001). *Polynomial texture maps*, in: SIGGRAPH 2001, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM Press/ACM SIGGRAPH, , pp. 519–528.
- Moussas, X., Seiradakis, J., Freeth, T., Edmunds, M., Bitsakis, Y., Babasides, G., Ioannidis-Vamvakas, D., Fasouloupoulos, G., Daniels, E. & Kriaris, D. (2007), *Communicating Astronomy to the Public*, IAU Commission 55 conference, 2007(Athens).
<http://www.communicatingastronomy.org/cap2007/abstracts.html>
- Moussas, X. *Antikythera Mechanism, PINAX, the first computer*, Hellenic Physical Society, Athens, Greece, 2011. 2012 (2nd ed.)
- Neugebauer, O., (1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Springer, Berlin.
- Orphic Hymns, The: Text, Translation and Notes* by A. Athanassakis, 1988,
<http://www.sacred-texts.com/cla/hoo/> <http://remacle.org/bloodwolf/poetes/falc/orphee/hymnes.htm>
- Papathanasiou, 1978, *Cosmological and Cosmogonical Notions in Greece during the 2nd millennium BC*, PhD Thesis, University of Athens.
- Papathanassiou, Maria K. (2010). *Reflections on the antikythera mechanism inscriptions*, Advances in Space Research, doi: DOI: 10.1016/j.asr.2009.10.021
- Price Derek J. De Solla, (1955), *Clockwork before the Clock*, Horological Journal, pp. 811-813, December 1995, pp. 31-34 and January 1956, pp.31-34.
- Price, D. de Solla, (1974). *Gears from the Greeks. The Antikythera mechanism – A calendar computer from ca. 80 BC*, vol. 64, Part 7. Transactions of the American Philosophical Society, NS, Philadelphia.
- Rados, C. (1905). *Comptes Rendues* International Archaeological Congress in Athens: pp. 256-258
- Rados, C. (1910). *On the Antikythera Treasure, astrolabe, anaphoric clock, odometers*, Book, Athens.
- Rediadis P. (1903). *Der Astrolabos von Antikythera*, Das Athener Nationalmuseum.
- Rehm, A. (1907). *Philologische Wochenschrift*: cols. 467-470.
- Svoronos, J.N. (1903) *Die Funde, von Antikythera*, Das Athener Nationalmuseum
- Svoronos, J. N. (1907). *Das Athener Nationalmuseum*
- Stamatis, E. (1974). *Archimedes works* (in Greek), TEE publishing house, Athens.
- Theofanidis, J. (1934), *Sur l'instrument en cuivre, dont des fragments se trouvent au Musee Archeologique d'Athenes et qui fut retire du fond de la mer d'Anticythere en 1902*, Praktika tes Akademias Athenon 9: pp. 140-149.
- Thomas F. Strasser, Eleni Panagopoulou, Curtis N. Runnels, Priscilla M. Murray, Nicholas Thompson, Panayiotis Karkanias, Floyd W. McCoy and Karl W. Wegmann, *STONE AGE SEAFARING IN THE MEDITERRANEAN: Evidence from the Plakias Region for Lower Palaeolithic and Mesolithic Habitation of Crete*, Hesperia: The Journal of the American School of Classical Studies at Athens, 79, 145-190, (2010).
- Thomas F. Strasser, Curtis Runnels, Karl Wegmann, Eleni Panagopoulou, Floyd McCoy, Chad Digregorio, Tourloukis, Vangelis, *The Early and Middle Pleistocene Archaeological Record of Greece: Current*, Leiden University Press, 2011.
- Wright, M.T. (2002), *A planetarium display for the Antikythera mechanism*, Horological Journal 144 (5 and 6) pp. 169–173 193.
- Wright, M.T. (2003), *Epicyclic gearing and the antikythera mechanism*, Part I, Antiquarian Horology 27 (3) pp. 270–279
- Wright, M.T. (2005a). *The Antikythera mechanism: a new gearing scheme*, Bulletin of the Scientific Instrument Society 85, pp. 2–7.
- Wright, M.T. (2005b). *Epicyclic gearing and the Antikythera mechanism*, Part II, Antiquarian Horology 29 (1), pp. 51–63.
- Wright, M.T. (2005c). *Counting months and years: the upper back dial of the Antikythera mechanism*, Bulletin of the Scientific Instrument Society (87), pp. 8–13.
- Wright, M.T. (2006a). *The Antikythera mechanism and the early history of the moon-phase display*, Antiquarian Horology 29 (3) (2006), pp. 319–329.
- Wright, M.T. (2006b). *Understanding the Antikythera mechanism*. In: Proceedings Second International Conference on Ancient Greek Technology, Technical Chamber of Greece, Athens, pp. 49–60,

- Wright, M.T., Bromley, A.G., Magkou, E. *Simple X-Ray Tomography and the Antikythera Mechanism*, PACT 45 (1995). In: Proceedings of the Conference Archaeometry in South-Eastern Europe, pp. 531–543, April 1991.
- Zafeiropoulou M., Mitropoulos, P. (2009) *The Antikythera shipwreck, the treasure and the fragments of the Mechanism*, XXIII International Congress of History of Science and Technology, Ideas and Instruments in Social Context, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.

From Alexander to Archimedes and the Antikythera Mechanism

XENOPHON MOUSSAS, Professor in Space Physics, Director of the Observatory of the University of Athens, Director of Astrophysics Laboratory, Department of Physics, National and Kapodistrian University of Athens. Hellas

Email: xmoussas@phys.uoa.gr

Introduction

In this article we attempt to present the contribution of Alexander the Great to the development of the world culture and in particular his contribution to the advancement of science and philosophy.

Greece and the Hellenic World holds an important position in the global arena of civilization since the Paleolithic era. It is shown by recent studies that in the Aegean Sea boats were frequently used and that navigation flourished from 130000 to 100000 BC. The evidence of this is based on studies on newly discovered permanent human settlements, much earlier than expected, and these confirm the notion that the Hellenic culture was developed by our human ancestors, already from the early phases of human civilization.

The diversity of soil on the many small islands provides shelter from the felines and bears that dominated for large periods in the mainland of Greece, and hindered the growth and spread of our human ancestors. Instead, the islands are ideal shelters, because dangerous predators, felines and bears, do not have enough breathing space to survive, breed, and threaten humans, who sail to the Aegean islands and inhabit them in the 15th millennium B.C., before the Neolithic era.

The civilization and culture are born within man's attempt to survive in a difficult, and often dangerous, natural environment, within ice – covered territories or deserts, inhabited by wild beasts. In Greece, the diverse soil in islands, in mountains, or small isolated valleys, allowed gradually to our Hellenic ancestors to proceed to the formation and the development of small communities, in some of which there seems to exist a kind of “parliament”, as shown by the “parliament of Lemnos” or the “yard” of Knossos. In these cases it seems that the majority of the members of the community are sitting for long periods of time in a predescribed place to discuss their problems and express their opinions, or to vote, even though the decision ultimately is taken a ruler. Within these institutions, people learn to express themselves, to decide together about their problems, to develop new ideas, to persuade, to converse. The Agora and Dialectics, the “midwife” of Socrates, are born, and science develops to the benefit of these cultures, and ultimately for humanity. Naturally, the Greeks travel around the known world, and during their expeditions or travels come in contact with other cultures, open their eyes and minds, as it is already said in the ancient writers, as it is stated for example in Homer [*πολλῶν δ’ ἀνθρώπων ἴδεν ἄστεα καὶ νόον ἔγνω*, he [Ulysses] knew many cities and way of thinking of many people, Odyssey].

Astronomy: Mother of Civilization

The determinism, the notion that there are laws of nature that govern all the phenomena occurring in Earth and Cosmos, mathematics, natural philosophy and general philosophy that changed our world and resulted in Culture, were born within the framework of Astronomy. Man is after all, according to an etymology, the being that by gazing the starry sky and admiring its wonders, tries to understand the Cosmos, and from a simple living creature he becomes a human being.

Certainly, millennia before the development of the Agora, where people communicate, discuss and argue, long before the development of the Dialectic Method, the ancestors of man (if we can call them by this name) look to the sky, a starry night after the other, and within time, day by day, and night by night, note the circular motion of the fixed stars. They also recognize the planets, and that they play a greater and more complex role in the cosmic dance of the celestial bodies, they study the movement of the Moon and the strange change in its the bright part (phase or age of the Moon), which determines the times for hunting and fishing, and the motion of the Sun, which dominates our lives on this planet by the alternation of the seasons and by the continuous change from day to night.

Gradually, the cosmic dance of the celestial bodies enables humans to perceive the Harmony of the Spheres of Pythagoras, that is the cosmic music we do not hear, but we can understand by Mathematics. Eventually (and quite rightly) Pythagoras and his followers understand that all are expressed in mathematical forms, which uniquely describes nature and the world, and that nature can be understood only through the laws of physics. Naturally, after this great conception, they try to understand, replicate and even in some case predict natural phenomena, based on the knowledge of the then known laws of physics, as perceived within their era. For example, the laws of physics to predict eclipses were known, and expressed as the periodicities of eclipses, for example the Saros cycle, which we still use today.

Astronomy has played a very crucial role for the creation of civilization, its birth and evolution. Man progresses, and this progress leads to the development of astronomical models. This enterprise starts mainly by creating accurate calendars that are necessary for the functioning of society, even if the society is not well developed or sufficiently organized. The right date for determining the time for seeding, and other agricultural operations, is of paramount importance to the human societies, and the use of accurate calendars requires correct observations of the motions of the Sun and Moon for very long periods. It also requires accurate recording of the observations and the deduction of appropriate laws, that is the periodicities which lead to the development of calendars. The Moon's orbit exhibits a complex and conciliar (synodic) period, the period of its revolution around the Earth with respect to the Sun, which is about 29.5 days, and necessitates a knowledge of advanced mathematics for its study. This problem – solving causes humans to develop. We do not exaggerate to say that all human civilization developed

because the solar year is not an integer multiple of the duration of the synodic lunar month. If this were the case, and the year lasted for 350 days and 35 months, or 70 days or 10 days, this would not need the use of complicated Mathematics, and humanity could have developed at a slower pace. We are lucky that Nature is often simple, but very often quite complicated. The moon exhibits a complex motion because the position of the plane of its orbit around the Earth changes periodically, by oscillating 5 degrees up and down off the plane of the ecliptic. The phases of the Moon (age of the Moon) reappear the same on the sky, with a different periodicity than the one of the eclipses, therefore they require the use of complex mathematics for the prediction of an eclipse and the place on Earth where it appears, where and whenever it is visible. The prediction of the eclipses urged humanity to develop science and Mathematics.

The movements of the planets are also quite complex, especially as viewed from Earth, which moves around the Sun with a different speed than the other planets. This issue becomes even more complicated, especially since every planet has a different angular and linear velocity. The ancient Astronomers discover complex periodicities, as the measurements of the positions of the planets accumulate from observations made over centuries. In order to discover periodicities they need multiple submissions for length, and long periodicities of the order of 18, 19, 54 and 76 years old, and also require astronomical observations and commentary, lasting for centuries, with some of them dating already from the prehistoric era.

From this extensive human interaction with the sky, the stars, the Sun, Moon and the planets, humans develop new instrumentation, allowing much more and much accurate measurements, which lead to the development of increasingly accurate astronomical models, whose aim is to describe nature in a more precise manner. The birth of the idea that there are laws of nature, therefore the notion of determinism in nature, is being developed due to the study of the movements of the Sun and Moon, the harmony within the motions of the stars and the planets, and leads ultimately to the development of science, philosophy, logic and civilization.

From the mathematical models developed by the Greeks, over the centuries of their history, we can know their perceptions regarding the interpretation of the natural world by the introduction of philosophy, and namely the sciences and Mathematics.

Astronomy has offered many fruits, from antiquity until our age, has led to the laws of physics discovered by Kepler and Newton, and continues today its longstanding evolution with incredible success, and for the benefit of humanity. Certainly, we would not possess the wonders of modern technology without the Space age. In the last 55 years of Space age, starting with the Sputnik mission (4th October 1957), the progress of humanity is booming in all fields. Today, our culture is based on the ancient Greek tradition of philosophy, and especially Natural philosophy. The tradition of the Antikythera Mechanism epitomizes all great aspects of the Hellenic civilization, since the design and construction of the Antikythera Mechanism requires the implementation of all components of

Greek philosophy, that thrived only because of the establishment and development of the empire of Alexander the Great, in whose bosom science, and philosophy in general, flourished.

Alexander, Babylon and Egypt

Alexander the Great, on his expedition and establishment of the Hellenic empire, was always escorted, as advisers, scientists and philosophers, who counseled them in all matters. These scientists collected scientific information for everything. They collected geographical data, in order to design good maps, information about plants and animals, old astronomical data and tables, among which we can assume the existence of lists for the eclipses and the planetary positions for centuries, as well as information on calendars. All this valuable information was recorded and sent back to Greece.

This scientific process continued by his successors after his death, and created a global scientific tradition for the benefit of science and human civilization. The Greek language becomes the common language of science and philosophy, and this facilitates the further development of the sciences and Mathematics. This is the era when the Hellenistic civilization is born. Egypt and its civilization has certainly contributed not only with her knowledge, but also in an unexpected way. The bureaucracy in this huge country, which Alexander releases from their cruel oppression of the Persians, becomes paradoxically one important factor that leads to progress. The Greek-Egyptian bureaucracy, whose function requires the registration of all products traded in the ports, and mainly in Alexandria, requires a huge number of people that are able to write “perform the math” to pay the taxes. To train all these people requires a vast amount of teachers and schools. This education system permits eventually to some individuals to be well educated, and to become scientists and philosophers. Many successors of Alexander perceive the usefulness of schools, namely the universities of that time. In this way, the Museum and the Library of Alexandria are born both as a concept, but also as buildings. The Library becomes very rich, as it is supplied with a copy of every book that exists on every ship that comes to anchor the port of Alexandria. The science is now based on the world heritage of Alexander the Great, and the city of Alexandria becomes the center of philosophy, and science, and Mathematics for centuries. This is the contribution of Alexander the Great to the global civilization.

The Legacy of Archimedes

Great advancements in technology and science have been achieved, to an extend, in Sicily at the time of Dionysius I or Dionysius the Elder (430 BC to 367 BC), tyrant of Syracuse (405 BC to 367 BC), who insisted to obtain the best military machinery, and established at Syracuse a science center. Dionysius decided and developed a center for establishing the development of martial technology, originally picking scientists, engineers, technicians, and artisans in order to design and construct the best war machines, catapults, siege engines, ships,

and many similar applications. Thus, he simultaneously contributed to the development of the Physical and Applied sciences. Archimedes, much later, developed its own work in a rich city, where technology and science were already known for centuries. His father, Phidias, was an astronomer and mathematician, and probably run a philosophical school. Archimedes is endowed by his father with all this knowledge, thus a gifted genius becomes eventually the greatest of all mathematicians. Archimedes, of course, is not only a student of his father. He visits the “great Cathedral of Science and Philosophy”, the city of Alexandria. He stays there probably for a short period, and is trained in such a way, so that he eventually becomes a well educated genius. Archimedes develops many technical applications, as we know from literature sources. His military technical applications have become legendary, as these allowed him to keep free his homeland, Syracuse. With his various and monumental inventions he keeps the Romans besiegers away from seizing the gates of Syracuse for a long period. Among other, we know that he designs and constructs mechanical clocks and two Spheres, that is two mechanical universes. It is worth mentioning that centuries later Heron gives us the definition of engineer as a person that [as Archimedes] can construct a mechanical universe. Based on our studies (the place and the time period where the eclipses are mentioned in the Antikythera Mechanism and have been observed using clocks) Archimedes runs a philosophical school [University], educating students, and his knowledge passes on to other worthy scientists which he educates. As it is shown by our study of the Antikythera Mechanism, its construction is based on measurements of Archimedes and his disciples, who continue his work for at least three decades centered around his death. This proves that Archimedes performed astronomical calculations using instruments and clocks, and his students continued this type of scientific research for long, and finally provided their measurements to another Greek scientist, an astronomer, somewhere around the Aegean, who constructs the Mechanism, which both predicts eclipses and is a mechanical cosmos.

Secrets of the Antikythera Mechanism

What secrets can a machine have; Why anybody would care to study an old artifact? What conclusions can yield a study of a mechanism forgotten by many, even though it carries a weird name, the “Antikythera Mechanism”? The first name of Antikythera’s Mechanism was “Antikythera’s Astrolabe”, back then when I was a kid and used to admire it in the National Archaeological Museum. The instrument carries similarities to the Sphere of Archimedes, also called planetarium, or Table (Pinax) by other ancient authors. The interest and love I had for this machine proved very effective, like any love, as love always retaliates. The study of the mechanism gave fruits for Greece, Humanity, the Hellenic and World history, the history of Astronomy, of Mathematics, Technology, Metallurgy, Chemistry, Engineering and Physics, Meteorology and Climatology, and even Astrophysics and Linguistics.

The study of the mechanism, performed by our scientific team at the University, is based on tomographies we took with a specially built machine, bearing the strange name “*BladeRunner*”, and which was designed and built by Roger Hadland and his colleagues, then owner of the high-tech X-tek Systems (now Nikon Metrologies). This is a

huge and heavy machine we brought from the UK, with total weight of 12 tons, and designed to penetrate within about 12 cm of copper. This invasive ability was an essential property demanded of a scanner who can reveal the secrets of this very ancient mystery.

A major surprise came by is reading the hours, months and years of eclipses in a spiral scale of 223 months of the Saros cycle, and of the 54 years period of the Exeligmos cycle. Even greater was our surprise, when Dr. G. Henriksson, an astronomer expert in ancient eclipses, and based on our readings of the hours, months and years of the ancient eclipses, computed the exact time, and mainly the place, where the observations have been performed, and which enabled the construction of the Antikythera Mechanism. Our surprise was enormous when we realized that all that the eclipses have been observed in Sicily, Syracuse, and we were even more surprised that several of these eclipses were observed at the time of Archimedes, while the rest of them was observed over a period of about thirty years after the tragic death of Archimedes by Roman soldiers.

This discovery is a great astronomical discovery, because it shows that the signature of the greatest scientists of all times, Archimedes, is on the Mechanism, and proves that Archimedes was an astronomer, and also run a philosophical school. We know, from ancient sources, that he constructed two astronomical instruments, a mechanical planetarium, and probably an automatic celestial sphere.

The World Heritage

Without the Hellenic world of Alexander, the greatest of all disciples of Aristotle, and without his personal contribution through his scientific advisers, modern science and today's civilization could not have existed. Sciences at the time of Eratosthenes, Euclid and Archimedes developed on the global canvas built by Alexander the Great's Hellenic World State. Without its existence, we have to stress the fact that science, as we know it today, could scarcely have been developed. Perhaps, its form would have been different from the one we recognize today.

Today's world is based on the discoveries of Greek scientists that flourished within the sciences in Alexandria, Syracuse, Rhodes, Seleucia, and the world of Alexander. The bits and bytes of your computer, or of your portable phone, have passed through Alexandria, and Syracuse, and Rhodes, and Seleucia, having as their roots Alexander's the Great contributions, and the Mechanism of Antikythera. Many of the newer discoveries rest on the shoulders of giants who, as Newton says, relied too. Among these are the huge shoulders of Alexander. The Universal culture, which is largely the Greek culture, and the European culture, is based heavily on Alexander and his world heritage.

Bibliography

- Berthelot, M. (1888). *Collection des Anciens Alchimistes Grecs*, Steinheil, Paris,
<http://www.rexresearch.com/alchemy5/berthelo.htm> <http://remacle.org/bloodwolf/alchimie/table.htm>
- Betegh, Gábor (2004). *The Derveni Papyrus: Cosmology, Theology and Interpretation*, Cambridge University Press,
- Bromley A.G. (1986). *Notes on the Antikythera Mechanism*, Centaurus, vol. 29, pp. 5-27.
- Bromley A.G. (1990a). *The Antikythera Mechanism*, Horological Journal, vol. 132, pp. 412-415.
- Bromley A.G. (1990b). *The Antikythera Mechanism: A Reconstruction*, Horological Journals July 1990, pp. 28-31.
- Bromley A.G. (1990c). *Observations of the Antikythera Mechanism*, Antiquarian Horology, No.6, vol. 18, Summer 1990, pp. 641-652.
- Chondros, Thomas G., 2009, *The Development of Machine Design as a Science from Classical Times to Modern Era*, in H.-S. Yan, M. Ceccarelli (eds.), *International Symposium on History of Machines and Mechanisms*, DOI 10.1007/978-1-4020-9485-9_5, Springer Science+Business Media B.V.
- Devevey, F., A. Rousseau, C. Vernou, P. Cauderlier, & C. Magister (2008). *The Astral Disc of Chevroches, Cosmology Across Cultures*, SEAC 2008, Granada,
http://www.iac.es/congreso/cac2008/pages/view_abstract.php?aid=7
- Devevey, F. (2009). *The zodiacal curved disc of Chevroches*, IAU–UNESCO Symposium 260, The Role of Astronomy in Society and Culture, 19 – 23 January 2009, UNESCO Headquarters, Paris, France,
<http://iaus260.obspm.fr>
- Efstathiou, K. A. Basiakoulis, M. Efstathiou, M. Anastasiou, J.H. Seiradakis, Determination of the gears geometrical parameters necessary for the construction of an operational model of the Antikythera Mechanism Mechanism and Machine Theory, 52, 219-231, 2012
- Engels Donald W., *Alexander the Great and the Logistics of the Macedonian Army*, University of California Press, pp194, 1980
- Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J.H., Tselikas, A., Mangou, H., Zafeiropoulou, M., Hadland, R., Bate, D., Ramsey, A., Allen, M., Crawley, A., Hockley, P., Malzbender, T., Gelb, D., Ambrisco, W. & Edmunds, M.G. (2006). Nature 444, 587.
- Freeth, T., Jones, A., Steele, J.M. & Bitsakis, Y. (2008). Nature 454, 614.
- Freeth, T. (2009). *Decoding an Ancient Computer*, Scientific American 301 (6): 76–83.
- Gibbon, Edward, (2009). *The Decline and Fall of the Roman Empire*, CRW Publishing Limited, Cirencester, United Kingdom.
- Henriksson, Goran (2009). *Ten solar eclipses show that the Antikythera Mechanism was constructed for use on Sicily*, The European Society for Astronomy in Culture 17th Annual Meeting, SEAC 2009. Alexandria Library, Alexandria, Egypt.
- Gourtsoyannis, E. (2010). *Hipparchus vs. Ptolemy and the Antikythera Mechanism: Pin–Slot device models lunar motions*, Advances in Space research, doi:10.1016/j.asr.2009.08.030, in press.
- Karkanias, Panagiotis, Nick Thompson, *Dating Palaeolithic sites in southwestern Crete, Greece*, „Journal of Quaternary Science, 26, 553–560, 2011
- Κουτσοῦκος, Μάριος, Ο Μέγας Αλέξανδρος και γεωπονική επιστήμη - Η επιστημονική πτυχή της εκστρατείας στην Ανατολή, 112 σελ. Εκδ.Οίκ. Σταμούλης Αντ. ISBN 960-8353-78-5, ISBN-13 978-960-8353-78-7, Αθήνα, 2005
- Laks André and Most, Glenn W. (editors) (1997). *Studies on the Derveni papyrus*, Oxford University Press, Great Clarendon Street, Oxford
- Laskaris, N., A. Sampson, F. Mavridis, I. Liritzis, *Late Pleistocene/Early Holocene seafaring in the Aegean: new obsidian hydration dates with the SIMS-SS method*, Journal of Archaeological Science, 38, 2475–2479, 2011
- Marchant, Jo, (2008). *Decoding the Heavens: Solving the Mystery of the World's First Computer*, Arrow Books Ltd
- Malzbender, T., D. Gelb, H. Wolters., (2001). *Polynomial texture maps*, in: SIGGRAPH 2001, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM Press/ACM SIGGRAPH, , pp. 519–528.

- Moussas, X., Seiradakis, J., Freeth, T., Edmunds, M., Bitsakis, Y., Babasides, G., Ioannidis-Vamvakas, D., Fasouloupoulos, G., Daniels, E. & Kriaris, D. (2007), *Communicating Astronomy to the Public*, IAU Commission 55 conference, 2007 (Athens). <http://www.communicatingastronomy.org/cap2007/abstracts.html>
- Moussas Xenophon, The Antikythera Mechanism, in *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom*, Editors: P. V. Kokkotas, K. S. Malamitsa, A. A. Rizaki, SensePublishers, ISBN: 978-94-6091-349-5, pp 113-128, 2010
- Moussas, X. *Antikythera Mechanism, PINAX, the first computer*, Hellenic Physical Society, Athens, Greece, 2011. 2012 (2nd ed.)
- Neugebauer, O., (1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Springer, Berlin.
- Orphic Hymns, The: Text, Translation and Notes* by A. Athanassakis, 1988, <http://www.sacred-texts.com/cla/hoo/> <http://remacle.org/bloodwolf/poetes/falc/orphee/hymnes.htm>
- Papathanasiou, 1978, *Cosmological and Cosmogonical Notions in Greece during the 2nd millennium BC*, PhD Thesis, University of Athens.
- Papathanassiou, Maria K. (2010). *Reflections on the antikythera mechanism inscriptions*, *Advances in Space Research*, doi: DOI: 10.1016/j.asr.2009.10.021
- Price Derek J. De Solla, (1955), *Clockwork before the Clock*, *Horological Journal*, pp. 811-813, December 1955, pp. 31-34 and January 1956, pp.31-34.
- Price, D. de Solla, (1974). *Gears from the Greeks. The Antikythera mechanism – A calendar computer from ca. 80 BC*, vol. 64, Part 7. *Transactions of the American Philosophical Society*, NS, Philadelphia.
- Rados, C. (1905). *Comptes Rendues International Archaeological Congress in Athens*: pp. 256-258
- Rados, C. (1910). *On the Antikythera Treasure, astrolabe, anaphoric clock, odometers*, Book, Athens.
- Rediadis P. (1903). *Der Astrolabos von Antikythera*, *Das Athener Nationalmuseum*.
- Rehm, A. (1907). *Philologische Wochenschrift*: cols. 467-470.
- Svoronos, J.N. (1903) *Die Funde, von Antikythera*, *Das Athener Nationalmuseum*
- Svoronos, J. N. (1907). *Das Athener Nationalmuseum*
- Stamatis, E. (1974). *Archimedes works* (in Greek), TEE publishing house, Athens.
- Theofanidis, J. (1934), *Sur l'instrument en cuivre, dont des fragments se trouvent au Musee Archeologique d'Athenes et qui fut retire du fond de la mer d'Anticythere en 1902*, *Praktika tes Akademias Athenon* 9: pp. 140-149.
- Thomas F. Strasser, Eleni Panagopoulou, Curtis N. Runnels, Priscilla M. Murray, Nicholas Thompson, Panayiotis Karkanis, Floyd W. McCoy and Karl W. Wegmann, *STONE AGE SEAFARING IN THE MEDITERRANEAN: Evidence from the Plakias Region for Lower Palaeolithic and Mesolithic Habitation of Crete*, *Hesperia: The Journal of the American School of Classical Studies at Athens*, 79, 145-190, (2010).
- Thomas F. Strasser, Curtis Runnels, Karl Wegmann, Eleni Panagopoulou, Floyd McCoy, Chad Digregorio, Tourloukis, Vangelis, *The Early and Middle Pleistocene Archaeological Record of Greece: Current*, Leiden University Press, 2011.
- Wright, M.T. (2002), *A planetarium display for the Antikythera mechanism*, *Horological Journal* 144 (5 and 6) pp. 169–173 193.
- Wright, M.T. (2003), *Epicyclic gearing and the antikythera mechanism*, Part I, *Antiquarian Horology* 27 (3) pp. 270–279
- Wright, M.T. (2005a). *The Antikythera mechanism: a new gearing scheme*, *Bulletin of the Scientific Instrument Society* 85, pp. 2–7.
- Wright, M.T. (2005b). *Epicyclic gearing and the Antikythera mechanism*, Part II, *Antiquarian Horology* 29 (1), pp. 51–63.
- Wright, M.T. (2005c). *Counting months and years: the upper back dial of the Antikythera mechanism*, *Bulletin of the Scientific Instrument Society* (87), pp. 8–13.
- Wright, M.T. (2006a). *The Antikythera mechanism and the early history of the moon-phase display*, *Antiquarian Horology* 29 (3) (2006), pp. 319–329.
- Wright, M.T. (2006b). *Understanding the Antikythera mechanism*. In: *Proceedings Second International Conference on Ancient Greek Technology*, Technical Chamber of Greece, Athens, pp. 49–60,
- Wright, M.T., Bromley, A.G., Magkou, E. *Simple X-Ray Tomography and the Antikythera Mechanism*, *PACT* 45 (1995). In: *Proceedings of the Conference Archaeometry in South-Eastern Europe*, pp. 531–543, April 1991.
- Zafeiropoulou M., Mitropoulos, P. (2009) *The Antikythera shipwreck, the treasure and the fragments of the Mechanism*, XXIII International Congress of History of Science and Technology, Ideas and Instruments in Social Context, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.